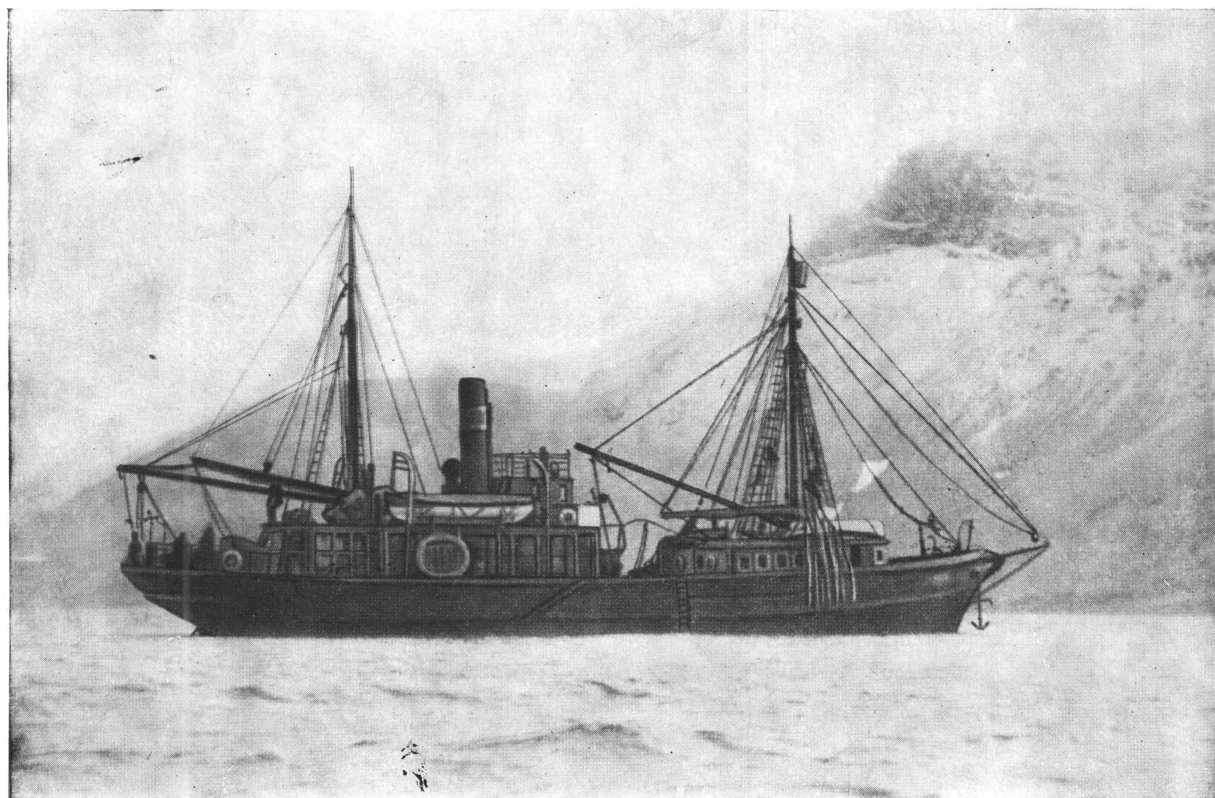




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

З

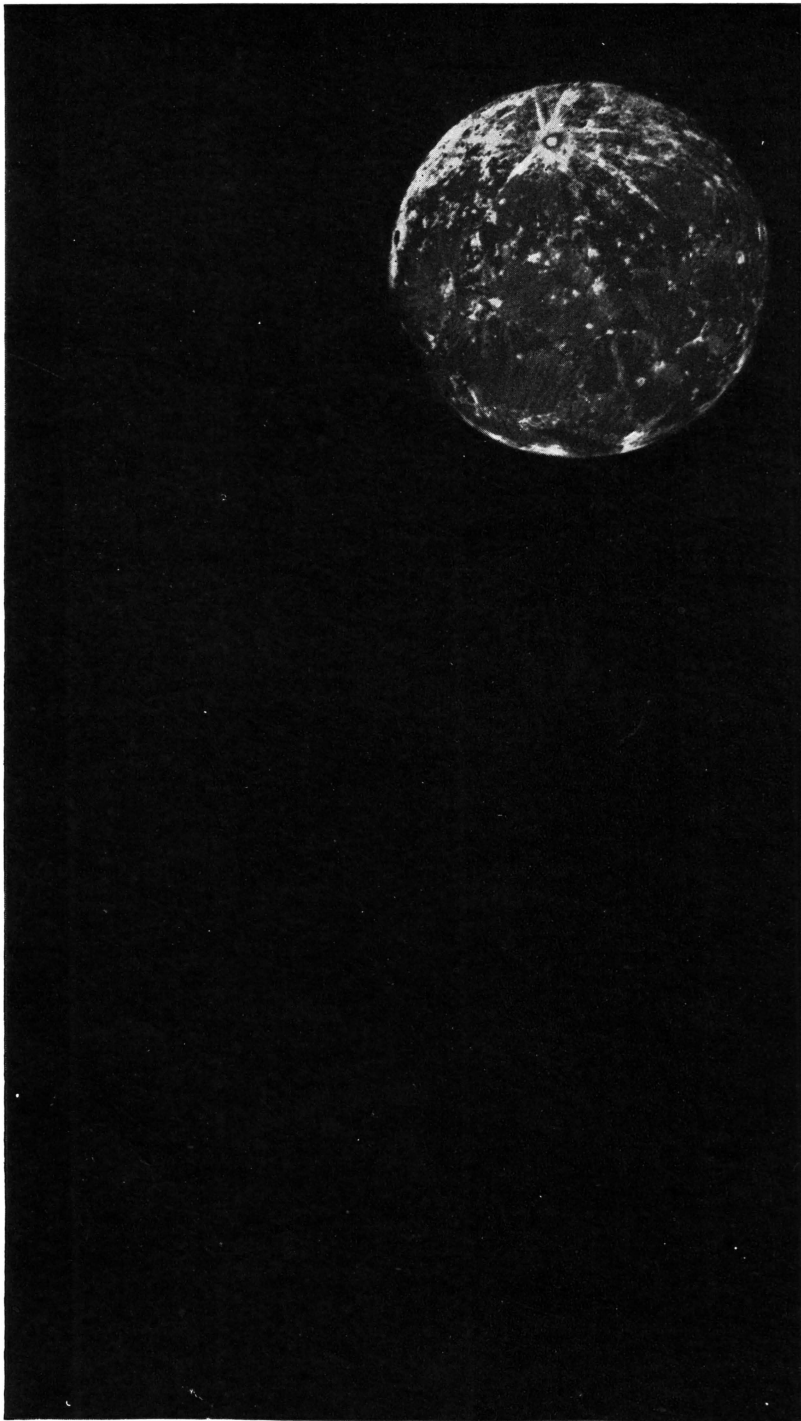
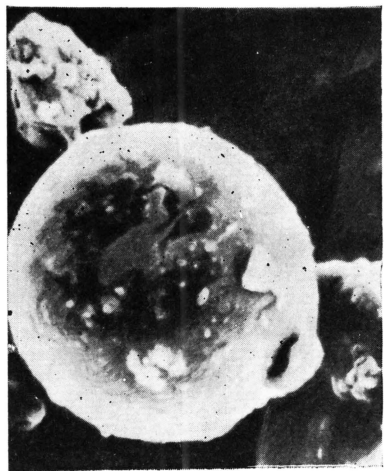
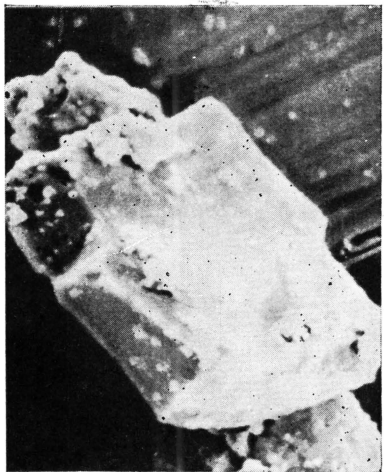
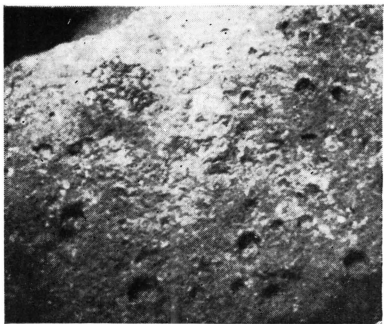
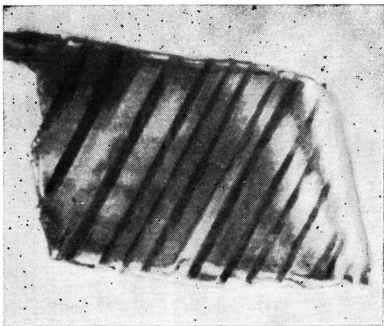
1970

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА





Образцы лунных пород (сверху вниз): кристалл пироксена — одного из наиболее распространенных лунных, а также земных пород; лунный агломерат со следами ударов метеоритов; обломок лунной породы, покрытый пылью; микроскопический стеклянный шарик из обломков лунных пород, вероятно, возникший при ударе метеорита

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



МАЙ — ИЮНЬ

3 1970

Издательство «Наука»
Москва

В номере

А. П. Виноградов — О происхождении лунных пород . . .	3
В. В. Парин — Медико-биологические проблемы освоения космоса . . .	15
М. Е. Артемьев — Изостазия . . .	26
В. С. Сафронов — Лунные масконы . . .	32
О. Г. Шамина — Моделирование верхней мантии Земли . . .	39
В. П. Цесевич — Звезды типа RR Лиры . . .	46
В. А. Вафнецов — Первенец советского океанографического флота — «Персей» . . .	50

ЛЮДИ НАУКИ

Александр Степанович Чеботарев . . .	59
--------------------------------------	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

М. Я. Маров — Новое о планетах и Луне . . .	61
Н. Т. Морозовский — Планетарные геофизические исследования . . .	70

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Е. Л. Рускол — Катастрофы в ранней истории системы Земля — Луна . . .	73
---	----

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

А. А. Михайлов — Новый учебник по астрономии . . .	75
И. Ф. Боярченко, И. Д. Ильевский — Замечания о школьном учебнике астрономии . . .	76

ФАНТАСТИКА

В. Комаров — Все может быть . . .	80
-----------------------------------	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

С. Д. Чувахин — Как построить телескоп системы Кассегрена . . .	86
В. С. Лазаревский — Карта видимых путей планет в июле — августе 1970 года . . .	90

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ . . .	92
-------------------------	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Е. П. Левитан — «Бесконечность и Вселенная» . . .	93
---	----

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . .	96
-----------------------------------	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Загадок, связанных с Луной, не уменьшилось [11]; Доллары и космос [13]; Гибель «Пегаса» [14]; Еще о «летающих блюдцах» [14]; О программе «Пионер» [24]; Япония — новый член «Космического клуба» [25]; Происхождение структуры Ризат [25]; Изотопы углерода в межзвездной среде [25]; Особенности сейфертовских галактик [45]; Галактика, меняющая блеск [45]; Высокая оценка труда лектора [69]; Совещаются преподаватели педагогических институтов [79]; Новые книги [95]; XIV Генеральная ассамблея МАС [3-я стр. обложки].

На обложке: 1-я стр. — Первое советское океанографическое судно «Персей» у берегов Новой Земли (к статье В. А. Васнецова). 4-я стр. — Берег Антарктиды. «Матерый лед небывалой высоты, — писал 150 лет назад Ф. Ф. Беллинсгаузен, — стал непреодолимой преградой на пути к югу». А 5 января 1956 г. с борта советских экспедиционных судов «Обь» и «Лена» здесь высадились советские полярники — участники первой антарктической экспедиции. (Фото Ю. М. Моделя)

Исполняется 75 лет со дня рождения Александра Павловича Виноградова, крупнейшего советского геохимика, ученика и соратника В. И. Вернадского.

За долгие годы научных поисков А. П. Виноградов обращается к самым разнообразным проблемам, представляющим различные разделы единого направления,— познания природных геохимических процессов.

Труды Александра Павловича Виноградова получили научное признание во всем мире.

Неиссякаемая энергия, стремление к новому, глубокое понимание актуальных задач науки и практики — главные черты А. П. Виноградова как ученого. Они позволяют ему вести работу в казалось бы порой несвязанных, отдаленных друг от друга областях науки, но именно здесь, на пограничной полосе различных направлений и создаются особенно благоприятные условия для решения новых перспективных научных проблем.

Вице-президент Академии наук СССР академик Александр Павлович Виноградов возглавляет Секцию наук о Земле Президиума АН СССР



Герой Социалистического Труда, лауреат Государственных премий СССР и Ленинской премии академик А. П. Виноградов

и руководит Институтом геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР.

Читатели, авторский коллектив, редакционная колле-

гия нашего журнала поздравляют Александра Павловича Виноградова с юбилеем, желают доброго здоровья и больших творческих успехов.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЛУННЫХ ПОРОД

За последние годы советские и американские космические аппараты выполнили разнообразные исследования Луны и окололунного пространства. Получены снимки почти всей поверхности Луны, позволившие установить, что ландшафт видимой и обратной ее сторон различен: на обратной стороне мало морей и много кольцевых гор. Эту загадку строения Луны еще предстоит объяснить. На Луне обнаружены аномалии силы тяжести, так называемые масконы, источники которых находятся на некоторой глубине. Происхождение масконов пока не известно. И, конечно, это не последние загадки Луны.

Однако наибольшее внимание сегодня привлекает характер горных пород поверхности Луны, особенно после полетов «Аполлона-11, -12», доставивших на Землю образцы этих пород.

ОТ «ЛУНЫ-10» ДО «АПОЛЛОНА-11»

Первые непосредственные определения содержания радиоактивных элементов в лунных породах, проведенные по гамма-активности, были сделаны советской автоматической станцией «Луна-10» в 1966 г., а затем повторены автоматической станцией «Луна-12» в 1966 г. Анализ полученных данных показал, что по количеству естественных радиоактивных элементов — урана, тория, калия-40 — породы лунной поверхности соответствуют земным толеитовым базальтам. Пород с большим содержанием естественных радиоактивных элементов, подобных земным гранитам, не обнаружено.

С помощью альфа-радиоактивации пород Луны в местах посадки американских аппаратов «Сервейер-5, -6, -7» (Море Спокойствия, Sinus Medii и северный край кратера Тихо) в 1967—1968 гг. выявлен состав основных компонентов. Эти породы оказались очень похожими на земные толеитовые базальты, но отличаются от них высоким содержанием железа. Можно предположить, что в лунных породах преобладают полевые шпаты и пироксены.

Результаты анализа двенадцати образцов лунных пород, доставленных на Землю «Аполлоном-11», опубликованы в журнале «Science» 19 сентября 1969 г. Там же дана характеристика этих пород. Проведенный карантин и биологические испытания показали, что образцы не содержат каких-либо бактерий и токсических веществ и не представляют опасности для человека.

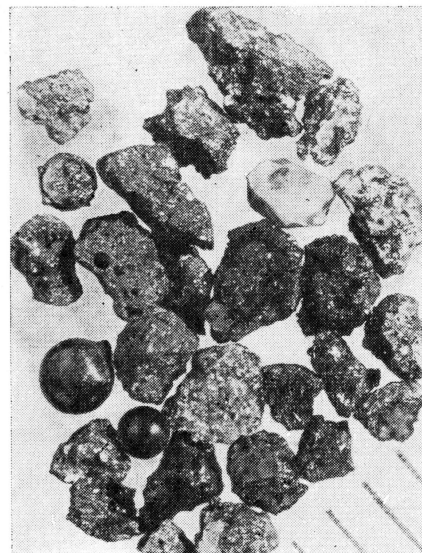
Обобщив новые данные, я поставил перед собой задачу рассмотреть происхождение лунных пород, сравнив их свойства и состав со свойствами и составом земных пород и метеоритов.

Выплавление метеоритного вещества — единый процесс для планет земного типа.

Мне представляется, что процесс выплавки и дегазации космических тел определенной массы, приводящий к дифференциации их первичного вещества, — есть универсальный процесс образования оболочечных структур этих тел. Как показал наш эксперимент, он идет по механизму зонного плавления* с разделением на «легкоплавкую» компоненту, в которой концентрируются вещества, понижающие температуру плавления, и остаточное вещество. При этом, «легкоплавкие» продукты составляют несколько процентов от первоначальной массы вещества, подвергнувшегося дифференциации. Следовательно, остаточное вещество представляет главную массу. Среди земных пород продуктами выплавки являются базальты, остаточным веществом — дуниты, ультраосновные породы. Главные представители известных нам космических пород — каменные метеориты, которые называются хондритами (точнее, их силикатная фаза) — могут считаться первичным недифференцированным веществом. Следует ожидать, что в составе метеоритов встречается вещество, прошедшее только метеоритную стадию (хондриты), а также вещество другого типа, прошедшее планетную стадию развития. Именно к последнему можно отнести по ряду признаков (и, прежде всего, по составу) метеориты, оказавшиеся веществом коры бывших крупных космических тел, — богатые кальцием полевошпатовые ахондриты. Среди метеоритов, падавших на Землю, их не более 3%. Они, как правило, являются брекчиями, состоящими либо из крупных зерен минералов — авгита и полевого шпата (эвкриты), либо из различных мелких обломков минералов (говардиты). По некоторым особенностям они похожи на земные базальты, габбро-диабазы. Эти метеориты, особенно эвкриты, богаты железом. Известно, что отношение $Fe/(Fe + Mg)$ в эвкрититах больше 0,45, а в говардитах меньше 0,45. В эвкрититах много связанного силикатного железа и практически отсутствуют металлическое самородное железо и троилит (FeS). Следует отметить, что брекчии богатых кальцием полевошпатовых ахондритов встречаются как в виде силикатных включений, так и в железной фазе мезосидеритов — железо-каменных метеоритов. Это важно для понимания их происхождения, но к этому вопросу я вернусь позже. Таким образом, базальтические полевошпатовые ахондриты, богатые кальцием, возникают в результате их

* Зонное плавление широко применяется при очистке металлов от примесей. В слитке металла расплавляют узкую зону и медленно продвигают ее к противоположному концу слитка. Легкоплавкие элементы-примеси собираются в этой зоне. После неоднократного прохождения расплавленной зоны в одном направлении все примеси концентрируются в концевой части слитка. Механизм зонного плавления и был предложен А. П. Виноградовым для объяснения процессов выплавки (дифференциации) мантии Земли.

Подробнее о механизме зонного плавления и о роли его в образовании оболочки Земли см. А. П. Виноградов. Как образовался океан. «Земля и Вселенная», № 6, 1966 г.

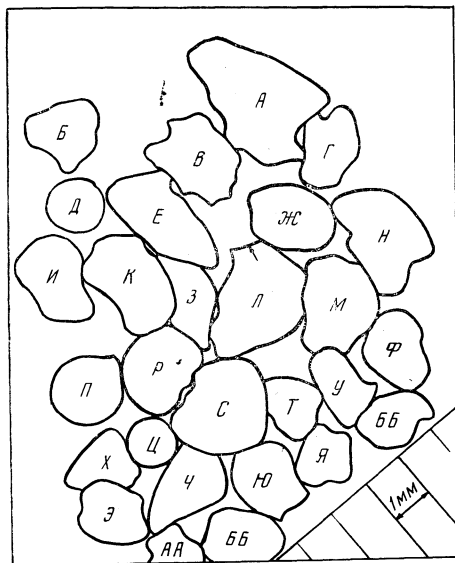


Фрагменты лунных пород, доставленных «Аполлоном-11» и исследованных Смитсоновской обсерваторией. Образцы подобраны так, чтобы представить большинство типов каменного материала, поэтому пропорция их содержаний в валовой пробе не сохранена. В 1676 образцах, относящихся по размеру к фракции 1÷5 мм, почвенной брекчии 52,4%, базальтов 37,4%, стекла 5,1%, анортзитовых пород 3,6%, прочего (включая метеоритные частицы) 1,5%. Почвенной брекчией условно названа рыхлая мелкозернистая поверхностная брекчия. Это — смесь мелких частиц минералов, сцементированная, вероятно, стеклом, имеет состав, близкий к базальту. Консолидация ее в комочки, по-видимому, обусловлена ударным воздействием

Базальт — неполнокристаллическая магматическая порода основного состава с содержанием кремнезема от 45 до 55%.

Полевые шпаты — наиболее распространенные породообразующие минералы — алюмосиликаты, в основном, натрия и кальция. По весу составляют около 50% земной коры.

Основные породы — магматические, содержащие не более 50—55% кремнезема.



Поверхностные лунные породы, изображенные на предыдущей фотографии, представлены следующим материалом: А, З, Л, Р, Х, ББ — почвенная брекчия; Б — почвенная брекчия с желтыми стеклянными шариками; В, И, Ч, Э — пузырчатое коричневое и желтое стекло; Г, Н, С — крупнозернистый базальт; Д, П, Ц — стеклянные шарики; Е — агломерат оранжевых стеклянных шариков; Ж — оплавленный ударом анортозит; И — мелкозернистый пузырчатый базальт; М — смесь стекла и частиц пород; Т, Ф, Ю, Я, АА — коричневое и желтоватое стекло; У — тонкокристаллическая порода. Внизу справа шкала масштаба

Ультраосновные породы — магматические, содержащие кремнезема от 35 до 45%.

Брекчия — обломочная горная порода, состоящая из сцементированных обломков различных пород, размер которых больше 2 мм.

Габбро — глубинная горная порода, продукт застывания и кристаллизации базальтовой лавы в толще земной коры.

выплавления из вещества хондритов. Выплавление происходит в крупных космических телах, где накапливается необходимый запас тепловой энергии. Подобный процесс может быть универсальным для космических тел, поэтому я полагаю крайне интересным и важным провести сравнение состава лунных пород с составами всех перечисленных пород и метеоритов. Только такое сопоставление может явиться геохимической основой для расшифровки происхождения лунных пород.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУННЫХ ПОРОД

Образцы лунных пород были собраны в юго-западной части Моря Спокойствия. Поверхность Луны покрыта здесь слоем материала, напоминающего песок, толщиной до нескольких сантиметров, на котором оставались отпечатки обуви космонавтов. Породы представляют собой неотсортированные обломки различной крупности; цвет их менялся от темно-бурого до светло-серого. На поверхности пород видны многочисленные кратеры от ударов, обнаружены газозовые пузырьки, встречаются стеклянные шарики (расплавленные частицы вещества). Иногда в образцах отмечались следы слоистости. Однако признаки воздействия водных потоков отсутствовали; отсутствовали и водосодержащие минералы.

Плотность исследованных лунных пород ($3,1-3,4 \text{ г/см}^3$) мало отличается от средней плотности всей Луны ($3,34 \text{ г/см}^3$) и заметно выше средней плотности большинства наиболее распространенных земных пород. В то же время она немного отличается от плотности полевошпатовых ахондритов, но ниже плотности хондритов (см. табл. 1).

Таблица 1

СРАВНЕНИЕ ПЛОТНОСТЕЙ ЛУННЫХ, ЗЕМНЫХ ПОРОД И МЕТЕОРИТОВ (г/см^3)

Породы	Крайние значения	Средние значения
Базальты	2,80—3,12	2,97
Дуниты	3,15—3,28	3,26
Полевошпатовые ахондриты	3,0—3,3	3,15
Лунные поверхностные породы	3,1—3,4	3,2 (?)
Хондриты	3,29—3,9	3,58

Плотность лунного грунта $0,87-1,0 \text{ г/см}^3$, что хорошо согласуется с результатами прямых определений «Луной-13», $0,8-1,0 \text{ г/см}^3$.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЛУННЫХ ПОРОД

Впервые ступившие на Луну космонавты собрали 22 кг лунных пород: 11 кг обломков размером свыше 1 см и 11 кг — менее 1 см в поперечнике. Породы были признаны вулканическими, кристаллизовавшимися из расплава. Среди образцов удалось выделить четыре группы: тип А — мелко-

зернистые пузырчатые кристаллические породы, тип *B* — среднезернистые кавернозные кристаллические породы, тип *C* — брекчии, тип *D* — фрагменты меньше 1 см в поперечнике (мелкий материал). Главными минералами пород являются полевой шпат, пироксен, а также ильменит в необычно больших для земных пород количествах (см. табл. 2).

Таблица 2

СРАВНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА БАЗАЛЬТОВ, ЛУННЫХ ПОРОД И ПОЛЕВОШПАТОВЫХ АХОНДРИТОВ (в объемных %)

Минералы	Базальты	Лунные породы (типа А и В)	Эвкриты*
Пироксен	29	46—53	44—62
Плагноклаз	62	27—31	33—50
Ильменит с примесью других непрозрачных минералов	2	11—18	1—2
Оливин	до 10	0—10	варьирует
Кристаллит	—	0—5	—
Акцессорные минералы		до 7	1—4

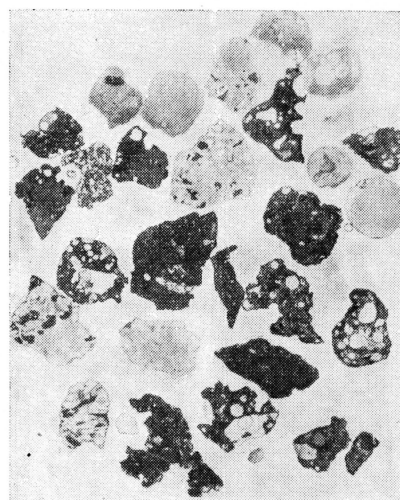
* Примечание. Приведены по данным для трех эвкритов: Нуэво Лоредо, Силу Каунти и Мур Каунти

Итак, минеральный состав лунных пород относительно близок к базальтам, но особенно близок он к составу эвкритов, богатых кальцием полевошпатовых ахондритов.

ГЛАВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛУННЫХ ПОРОД

Химический состав образцов определяли спектральным методом. Контроль проводился по международным стандартам, ошибка составляла 10%. Биологическая проба исследовалась атомно-абсорбционными и колориметрическими методами. Полученные результаты, в общем, не противоречат данным «Сервейера-5, -6, -7». Оказалось, что содержание алюминия, кальция и кремния ниже, а магния, железа и титана — выше. В таблице состава лунных пород (табл. 3) приведены лишь пределы и средние содержания химических элементов (по 12 пробам). Рассмотрим состав лунных пород и сравним его с химическим и минеральным составом толеитовых базальтов Земли и богатых кальцием полевошпатовых ахондритов.

При общем сходстве химического состава лунных пород, земных базальтов и полевошпатовых ахондритов между ними есть известные различия. Кремнекислоты в лунных породах несколько меньше, чем в базальтах и ахондритах. Содержание глинозема одинаково в ахондритах, особенно в эвкритях, и в лунных породах, но выше, чем в базальтах, в то же время в этих трех типах пород глинозема 11—14%, что резко отличает их от хондритов (2,5—4%). Окиси магния в тех же трех типах пород около 8%, что также отличает их от вещества хондритов (24%). Отношение SiO_2/MgO на Солнце, в Земле в целом и в хондритах близко к 1 (первичное солнечное вещество). Отношение же SiO_2/MgO в базальтах, лунных породах и в эвкритях колеблется от 5



Шлифы (тонкие прозрачные срезы) образцов, которые показали на фотографии фрагментов лунных пород. Округлые образования внутри шлифов представляют собой пузырьки, характерные для лунных пород; кружки между образцами — воздушные пузырьки, попавшие в среду, на которой укреплены шлифы. Встречаются однородные и прозрачные, а также пузырчатые и свилеватые образцы стекла

Пироксены — большая группа породообразующих минералов (силикатов магния, железа, кальция, глинозема и натрия). Пироксены входят в состав многих магматических и метаморфических горных пород и составляют некоторые из них почти целиком.

Плагноклазы — широко распространенные породообразующие минералы. Алумосиликаты из группы полевых шпатов.

Кристаллит (SiO_2) — минерал, встречающийся только в стекловатых вулканических породах.

Ильменит (FeTiO_3) — обычный минерал основных и других изверженных пород.

СОСТАВ ЛУННЫХ ПОРОД, ТОЛЕИТОВЫХ БАЗАЛЬТОВ И МЕТЕОРИТОВ

Химический состав	Ультраосновные породы Земли (перидотиты) (23) *	Обыкновенные хондриты (94)	Толейто-вые базальты Земли (137)	Лунные породы (12)		Богатые кальцием полево-шпатовые ахондриты	
				пределы	среднее	эвкриты (18)	говардиты (6)
В весовых процентах							
SiO ₂	43,54	38,04	50,83	36—45	41	48,5	49,75
TiO ₂	0,05	0,11	2,03	7,0—12,5	9,5	0,60	0,03
Al ₂ O ₃	3,99	2,5	14,0	7,7—13	11,0	12,96	8,70
Fe ₂ O ₃	2,51	12,45 (FeO)	2,88	15,6—21 (FeO)	18,0 (FeO)	17,6 (FeO)	15,56 (FeO)
FeO	9,84		9,0				
MnO	0,21	0,25	0,18	0,22—0,55	0,34	0,43	0,88
MgO	34,02	23,84	6,34	6,5—10	7,8	8,28	16,09
CaO	3,46	1,95	10,42	9—12	10,2	10,23	6,95
Na ₂ O	0,56	0,98	2,23	0,2—0,65	0,5	0,75	0,97
K ₂ O	0,25	0,17	0,82	0,06—0,22	0,15	0,24	0,31
Cr ₂ O ₃	0,34	0,36	0,40	0,31—0,95	0,55	0,36	0,40
P ₂ O ₅	0,05	0,21	0,23	—	—	0,1	0,03
Fe + Ni (металл)	—	11,76	—	—	—	0,80	0,33
FeS	—	5,76	—	—	—	0,46	0,89
H ₂ O	0,76	0,25	0,91	—	—	0,17	0,16
В 10 ⁻⁴ весовых процентов							
Li	0,5	2	9	10—25	16	3	—
Rb	1,0	5	2	0,8—6,5	2,5	0,25	—
Yb	0,2	0,2	2	1,3—7	3,5	2	—
Y	1	2	43	100—310	204	22	—
Sc	1,5	8	61	45—170	88	35	—
Sr	10	12	130	55—230	105	80	—
Ba	1	6	14	50—180	80	32	—
Ga	2	4	17	4—8	6	—	—
V	40	70	292	20—80	36	50	—
Co	200	800	32	3—22	12	40	—
Ni	2000	13500	100	55—320	200	1000	—
Cu	20	150	77	3—10	6	—	—
Zr	30	30	100	250—2000	800	60	—
U	0,01	0,025	0,5	0,39—0,78	0,65	0,2	—
Th	0,020	0,040	3,0	1,8—3,4	2,5	0,5	—

* В скобках число анализов. Данные Ноккольдс, Юри, Крейга.

* В скобках число анализов. Данные Ноккольдс, Юри, Крейга.

до 8, что является признаком их вторичного происхождения (выплавления). В говардитах окиси магния в 2 раза больше, чем в эвкритях, т. е. они более примитивны по составу. Очень много окиси (заиси) железа в лунных породах и в ахондритах, особенно в эвкритях — до 20%. В базальтах обычно около 10%. По-видимому, влияние железа на остаточный состав лунных пород огромно. Железо, входя в молекулы пироксенов и оливинов, понижает их температуры плавления, например от 1557° (MgSiO₃) до 955° (FeSiO₃) или от 1890° (Mg₂SiO₄) до 1205° (Fe₂SiO₄). Так как радиус иона железа очень близок к радиусам ионов циркония и титана (0,74, 0,79, 0,76 Å соответственно), их аналогичные соединения изоморфны, смеси образуют твердые растворы. Поэтому большие содержания железа в породе создают возможность захвата ионов титана и циркония решетками

силикатов. Не исключено, что при некоторых условиях происходит выделение титана из решеток силикатов. Вполне вероятно, что именно подобные явления могут объяснить высокое содержание ильменита (FeTiO_3) в лунных породах.

В породах поверхности Луны обнаружены лишь редкие шарики никелистого железа. Для земных пород оно вообще не характерно, но зато очень широко распространено в метеоритах. Однако в полевошпатовых ахондритах, также как и в лунных породах, мало металлического железа. Отношение железа к никелю в лунных породах, в общем, такое же, как и в силикатной фазе хондритов. Если допустить, что вещество, из которого выплавились лунные породы, по содержанию железа было аналогично хондритам (около 25% железа в разных формах и 16% железа в силикатной фазе лунных пород), то в остаточном веществе Луны (аналогичном мантии Земли — дунитам) следует ожидать около 8% железа в форме силикатов. Иными словами, для образования железоникелевого ядра Луны практически не остается железа. Отсутствие металлического ядра у Луны подтверждается и другими данными.

В лунных породах очень много окиси титана (7—12%). Титан входит в состав ильменита. В земных толеитовых базальтах окиси титана может быть до 4,5%, а не 7—12%. Вместе с тем, нужно отметить, что наибольшее количество титана в каменных метеоритах встречается именно среди богатых кальцием полевошпатовых ахондритов. Известен пироксен из ахондрита, в котором TiO_2 находится в количестве 2,39%. О связи титана с высоким содержанием железа в лунных породах уже говорилось. Некоторая корреляция титана и железа отмечена и для земных базальтов, и для ахондритов.

Окиси кальция во всех трех типах пород около 10%, что значительно выше, чем в хондритах (2,0%). Щелочей — натрия и калия — очень мало и в лунных породах, и в полевошпатовых ахондритах, в то время как в толеитовых базальтах Земли содержание Na_2O достигает 2,5%.

Из этого краткого сравнения макрокомпонентов в составе лунных пород, полевошпатовых ахондритов (прежде всего, эвкритов) и толеитовых базальтов следует, что наибольшее совпадение между составом полевошпатовых ахондритов и лунных пород отмечено по содержанию глинозема, окиси магния, железа, кальция, натрия и калия. Кремнекислоты больше в ахондритах. Исключительные различия видны в распределении окиси титана.

Следует учитывать, что анализы лунных пород пока немногочисленны. Для окончательных выводов требуется большее количество образцов из различных районов Луны, большее число анализов и применение более точных методов исследования.

ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В ЛУННЫХ ПОРОДАХ

Микропримеси в общем не нарушают близости составов лунных пород и полевошпатовых ахондритов. Тем самым они подкрепили общую идею образования поверхностных лунных пород в процессах выплавления. Так, например, содержания иттербия, иттрия, скандия, стронция и бария в лунных породах и в полевошпатовых ахондритах (как и в базальтах)



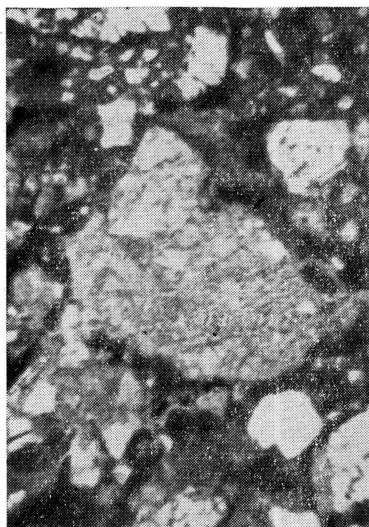
Американский космонавт Ч. Конрад демонстрирует образцы пород, собранных на Луне

Авгит — широкораспространенный породообразующий минерал из группы пироксенов. Встречается в изверженных породах, недосыщенных кремнекислотой, реже — в метаморфических.

Акцессорные минералы — минералы, образующие количественно ничтожную, а качественно характерную примесь в горных породах.

Кремнезем — двуокись кремния — наиболее распространенный компонент земных пород.

Оливин — один из главных минералов каменных метеоритов. Широко распространен в природе как породообразующий минерал ультраосновных и основных пород.



Шлиф крупнозернистой лунной породы (вверху), образовавшейся из магматического расплава. Шлиф породы, распространенной в месте посадки «Аполлона-11» (внизу). Это — лунная брекчия, возникшая, возможно, под воздействием ударов метеоритов

значительно, иногда на целый порядок, выше, чем в хондритах и ультраосновных породах Земли. Отношение Th/U около 4 во всех трех сравниваемых типах пород. Содержание тория и урана в лунных породах оказалось выше, чем предполагали раньше. Особенно много в лунных породах иттрия и циркония. Все эти элементы накапливались в «легкоплавкой» фракции в ходе процессов выплавления. В соответствии с тем, что в лунных породах мало натрия и калия, содержание редких щелочей в этих породах также несколько понижено. Поэтому значения отношения Rb/Sr очень малы, отношения же K/Rb составляют около 1500 (для пород Земли они равны 300). В полевошпатовых ахондритах отношение K/Rb также около 1500.

Породы, слагающие поверхность Луны, не обогащены тяжелыми металлами — никелем, кобальтом, ванадием, медью, марганцем. Углерода в лунных породах меньше 0,0001%, тогда как в составе метеоритов его до 0,1—0,01% (особенно много в углистых хондритах). В земных магматических породах углерода около 0,01%. Летучие соединения не исследовались.

Состав инертных газов определяется историей вещества Луны, а также воздействием на лунные поверхностные породы солнечного ветра — потока частиц, постоянно направленного от Солнца. Этот поток интенсивно бомбардирует поверхность Луны; возникающие ядерные реакции и приводят к формированию разных элементов, в том числе и инертных газов. Особенно много их было обнаружено в песке, брекчиях и меньше в массивных образцах лунных пород. Это может в известной мере объяснять высокое содержание инертных газов в брекчиевых ахондритах.

Абсолютный возраст лунных пород по калиево-аргоновому методу 3—4 млрд. лет, что несколько меньше возраста Земли.

Из короткоживущих элементов, активных гамма-излучателей, наибольшая роль принадлежит Al^{26} , Na^{22} , Mn^{54} и Co^{56} .

ЛУННАЯ КОРА И МАНТИЯ

Первые результаты исследования пород лунной поверхности, конечно, привносят очень много в представления о нашем естественном спутнике, хотя анализу подвергались только породы лунных морей, лавовых озер и весьма ограниченной территории. Вместе с тем, рассматривая эти анализы, можно поставить очередные научные вопросы и более направленно изучать породы Луны.

Большинство исследователей предпочитают модель Луны однородного состава. Теперь нет сомнений в том, что на Луне проявлялась вулканическая деятельность, поскольку лунные породы кристаллизовались из расплава. Признание вулканической деятельности на Луне на основе непосредственного изучения пород ее поверхности приводит нас к утверждению дифференциации вещества Луны на оболочки и, прежде всего, к утверждению образования лунной коры. Очевидно дымы, пары, газы, сопровождавшие процесс выплавления ее глубинного вещества и выделявшиеся при излиянии лав на поверхность, были потеряны, поскольку их атомы и молекулы не удерживаются гравитационным полем Луны и должны

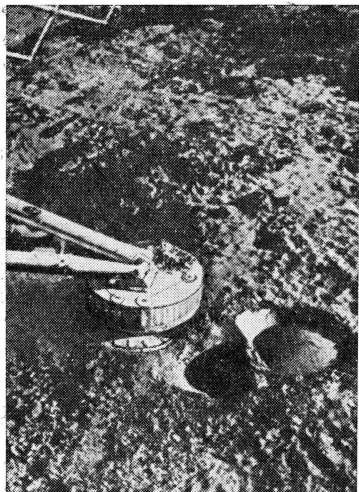
рассеиваться в космическом пространстве. Таким образом, Луна никогда не имела сколько-нибудь постоянной атмосферы. Вероятность сохранения льда под ее грунтом также мала. Никаких следов действия воды на лунные породы пока не замечено.

Аналогия пород лунных морей с толеитовыми базальтами Земли и эвкрититами закономерно подводит нас к вопросу о составе первичного вещества, которое составляет лунную «мантию». Для Земли мы предполагаем хондритовый состав мантии. Продуктами ее выплавки являются базальты, а остаточным веществом — дуниты.

Существуют гипотезы об отделении Луны от Земли и о том, что Луна пришла извне, например из пояса астероидов. В первом случае возможно отделение ее как от недифференцированной Земли (но этому противоречит плотность Земли $5,5 \text{ г/см}^3$ и Луны $3,34 \text{ г/см}^3$), так и после частичного разделения Земли на металлическую и силикатную фазы (с Луной была отторгнута только последняя). Тогда процесс выплавки должен, казалось бы, привести к образованию коры Луны толеитового состава с содержанием 10% FeO и с малым содержанием TiO_2 , что противоречит рассмотренным выше данным. Отторжение Луны от полностью дифференцированного вещества Земли — земной коры тем более невозможно. Второй вариант рассматривает захват Землей космического тела — Луны, пришедшей извне. Механизм подобного взаимодействия был предметом ряда космогонических работ. Геохимические аспекты сводятся к следующему. Средняя плотность Луны $3,34 \text{ г/см}^3$. Если учесть сжатие и другие физические факторы и привести среднюю плотность Луны к нормальному давлению и температуре, то величина плотности окажется $3,5\text{—}3,6 \text{ г/см}^3$. Следовательно, первичный материал, который превратился в планету, имел меньшую плотность. Стало быть, в нем либо вовсе не было железной фазы, либо ее было очень мало. Выше я пытался проанализировать эту задачу, учитывая большое содержание в лунных породах FeO и малое — никеля. Во многих хондритах металлической фазы до 2%, а плотность их около $3,4 \text{ г/см}^3$. В них также много железа и мало никеля. Возможно, что первичным материалом лунных пород были хондриты с обычным содержанием металлического железа (около 13%). В результате разогревания вещества Луны за счет генерации тепла при радиоактивном распаде урана, тория и калия произошло окисление значительного количества металлического железа, поэтому его стало больше в силикатной фазе. При этом остаток металлического железа должен отличаться очень высоким содержанием никеля.

Если теперь попытаться сделать какое-то заключение, то можно сказать, что вариант образования Луны из вещества хондритов, которые богаты FeO в силикатной фазе и где мало металлической фазы, наиболее близко отвечает химическим, петрографическим и минералогическим данным, полученным в результате анализа образцов, доставленных «Аполлоном-11». В этом свете особое значение приобретает вопрос об образовании мезосидеритов — агломератов из железной фазы и брекчий полевошпатовых ахондритов. Где происходил этот процесс агломерации? Ведь ему должен был предшествовать процесс формирования материала полевошпатовых ахондритов и его брекчирование. Если мы узнаем, где и как шел





Опорная подушка автоматической лунной станции «Сервейер-3» оставила на мягком грунте Луны ясный отпечаток



ЗАГАДОК, СВЯЗАННЫХ С ЛУНОЙ, НЕ УМЕНЬШИЛОСЬ

В статье академика А. П. Виноградова подробно рассмотрены вопросы о происхождении поверхностных лунных пород. Итоги начального этапа изучения лунных пород, доставленных «Аполлоном-11», подведены на конференции в Хьюстоне в январе 1970 г. На конференции было представлено 112 докладов, посвященных химическим, физическим, минералогическим и радиологическим исследованиям образцов пород и грунта. Выводы этих исследований, в общем, подтверждают сообщение в журнале «Science» от 19 сентября 1969 г. о составе лунных пород. Вместе с тем, получены и новые сведения.

Сообщалось о трех минералах, неизвест-

этот процесс агломерации ахондритового и металлического вещества, то проблема формирования вещества Луны (как, впрочем, и Земли) значительно прояснится.

Наконец, я хочу сказать, что нет ничего невероятного в падении с Луны осколков ее поверхностных пород на Землю. Во время взрывов при падении метеоритов или во время вулканических процессов могут выбрасываться обломки лунных пород, скорость которых выше второй космической скорости в слабом гравитационном поле. Этот обломочный материал уйдет от Луны, затем он может быть захвачен полем тяготения Земли. Вероятно, траектории падения на Землю эвкритов такого происхождения должны отличаться от траекторий падения других метеоритов. В связи с этим любопытно отметить, что суточная вариация у полевошпатовых ахондритов по отношению к вариации у хондритов оказывается смещенной на утренние часы. Это означает, что они встречаются Землю, двигаясь под большим углом к ее орбите. Расчеты показывают, что богатые кальцием полевошпатовые ахондриты имеют меньшие размеры орбит.

Таким образом, я считаю, что поверхностные породы Луны выплавлены из ее недр. Они кристаллизовались из силикатного расплава. Луна обладает оболочечным строением и, следовательно, неоднородна. Большую роль в формировании геохимического облика лунных пород играет железо в силикатной фазе — оно ответственно за распределение титана и циркония в силикатах, понижение температуры плавления вещества и проч. Лунные породы оказались весьма близкими по составу к полевошпатовым ахондритам — эвкритам. Расчеты подтверждают малую вероятность существования металлической фазы в недрах Луны. Наиболее возможным источником вещества Луны могли быть хондриты с большим содержанием силикатного железа и без металлической фазы.

ных на Земле. Это — ферропсевдобрукит, хромо-титановая шпинель, пироксманит. В их составе много титана. Лунные породы, как известно, богаты ильменитом. Все это подчеркивает важную геохимическую роль титана в формировании лунных пород, распространенных в месте первой посадки человека на Луну. На Земле псевдобрукит встречается в вулканических породах, а различные виды хромовых шпинелей — в глубинных ультраосновных и основных породах. Таким образом, подтвердилась вулканическая природа лунных пород. В породах Луны обнаружены включения самородного никелистого железа. Это указывает на малую роль окислительных процессов в формировании вещества поверх-

ности Луны, что отчасти может быть связано с отсутствием воды и водосодержащих минералов.

В лунных породах отмечено незначительное содержание золота и серебра.

Профессор Д. Вассербург показал, что возраст лунных камней составляет в среднем 3,65 млрд. лет, а мелкозернистого сыпучего материала 4,6 млрд. лет. Таков же примерно возраст Земли и многих метеоритов.

Экипаж «Аполлона-12» взял пробу грунта с глубины 30 см. На этой глубине, оказывается, углерода в 7 раз больше, чем на поверхности. Хотя содержание его и невелико, но некоторые исследователи предполагают, что около 2% вещества лунного грунта могут быть остатками редкой группы метеоритов — углистых хондритов. На Луне эти метеориты при ударе взрываются, а образующаяся пыль и остатки вещества выпадают на лунную поверхность и смешиваются с ее грунтом.

Доктор Ф. Поннамперумо сообщил о поисках веществ, имеющих биологическое значение. Обнаружены аминокислоты и углеводы. Однако не исключено, что образцы лунных пород были просто загрязнены на Земле.

Несмотря на многочисленность новых данных о Луне, однозначного решения многих важных вопросов о ее происхождении, условиях образования и эволюции не получено. Известный исследователь космических проблем профессор Г. Юри заявил, что сейчас он не представляет себе историю системы Земля — Луна.

В докладе группы ученых, руководимой профессором Д. Вудом, сообщалось о том, что среди мелких обломков лунных пород обнаружены породы типа земных анортозитов (глубинный аналог базальтовых пород, включающий 70—90% полевых шпатов). Как образовались анортозиты на Земле, неясно: либо — это переплавленные метаморфические породы, либо породы, которые в результате дифференциации обогатились кальцием и алюминием. По мнению докладчиков, в лунных анортозитах больше кальция, чем в земных. Подчеркивается близость состава пород, взятых в Море Спокойствия, с составом пород из кратера Тихо (континентальная область). А если это так, то можно предположить, что в лунной коре вещество очень сильно дифференцировано. Вуд и его коллеги полагают, что Луна имеет кору, сложенную анортозитовыми породами толщиной 25 км. Базальты, покрывающие поверхность лунных морей и внутренние

части отдельных кратеров, излились на поверхность в местах, где эта анортозитовая кора была пробита крупными метеоритами. Сами лунные базальты, по мнению этих ученых, представляют собой вулканический аналог глубинного вещества — титанистого габбро, которое составляет внутреннюю область Луны.

Это предположение гипотетично. Лунные анортозиты очень мелкозернисты (размер зерен 0,01—0,1 мм), что резко отличает их от земных. Глубинные породы должны быть более крупнозернистыми (с размером зерен 1—3 мм и более). Кроме того, для лунных анортозитов характерно содержание окиси кальция (14—17%) и алюминия (28—34%) более высокое, чем для земных, и более низкое — окиси железа и титана (0,3%). Крайне примечателен факт, что в лунных анортозитах есть типично метеоритные минералы — камасит и троилит. Привлекает внимание и малая плотность лунных базальтов. Вопрос о происхождении лунных анортозитов остается не решенным. Если они окажутся собственно лунными породами, то наши представления об эволюции Луны и вещественном составе глубоких зон коры и верхней мантии Земли могут измениться.

Таким образом, наиболее важными результатами первого исследования лунных пород следует признать открытие на Луне вещества, участвовавшего в процессах дифференциации. Не менее важно большое сходство между земными и лунными породами (базальтами и, возможно, анортозитами), что, безусловно, указывает на общность процессов их формирования на разных планетах.

Мы узнали много нового о Луне, но количество загадок, связанных с ней, не стало меньше. Ответов на стоявшие вопросы получено пока немного и достоверность их еще невелика. Это и не удивительно. Наши познания о Земле неизмеримо глубже и обширнее, чем фактические представления о Луне, но несмотря на тысячи выполненных анализов земных пород и многочисленность проведенных исследований по ряду самых существенных вопросов о происхождении и формировании Земли, а также строении ее глубин, мы пока не в состоянии дать ответа. И, между прочим, ответ на эти вопросы мы надеемся найти в космосе, в частности, изучая метеориты, а теперь и Луну. Поэтому Луна не является самоцелью. Знание о ней — это знание о Земле и знание о космосе. Несомненно, что изучение ее принесет много новых и интересных сведений уже в ближайшие годы.



ДОЛЛАРЫ И КОСМОС

Бюджет американского Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) за последние 10 лет пережил периоды подъема и упадка.

Финансовый подъем 1961 г., вызванный форсированием работ по программе «Аполлон», достиг наивысшей точки в 1964—1966 гг., после чего начался спад, поскольку основные вложения в программу уже были сделаны. Все попытки НАСА добиться столь же больших ассигнований на какие-либо новые программы, например на долговременную обитаемую орбитальную станцию, транспортные корабли и марсианскую экспедицию, успехом не увенчались.

Руководители НАСА надеялись, что в 1970 г. бюджет снова начнет расти, при этом они уповали на президента Никсона, неоднократно заявлявшего о том, что он является сторонником интенсивной космической программы. Но Бюджетное управление при президенте США установило для финансирования НАСА на 1971 г. «потолок» в 3,3 млрд. долларов. Причем эта сумма может подвергнуться дальнейшим сокращениям в Конгрессе.

Итак, на 1971 финансовый год только 3,3 млрд. долларов. Это заставило руководителей НАСА пересмотреть свою программу и прибегнуть к увольнениям. В на-

чале 1970 г. по программам НАСА работало 190 000 человек, к 1 июля 1971 г. их останется только 140 000. Закрывается Научно-исследовательский центр по электронике, так как на заработную плату только персоналу этого центра уходит 17 млн. долларов в год. Под угрозой прекращения деятельности находится исполнительный комплекс НАСА в штате Миссисипи, где проводятся предполетные огневые испытания отдельных ступеней сверхтяжелой ракеты-носителя «Сатурн-5».

Прощай мечта о создании в 1975—1976 гг. долговременной обитаемой орбитальной станции и возвращаемого космического транспортного корабля для доставки на нее людей и грузов! Интереснейший научный эксперимент по программе «Викинг», предусматривающий мягкую посадку на Марс приборного контейнера, переносится с 1973 на 1975 г.

Не будут, во всяком случае в ближайшем будущем, продолжены биологические опыты на спутниках, хотя нужда в таких экспериментах огромна. Ведь последний раз находившуюся на спутнике «Биос-3» заболевшую обезьяну пришлось срочно возвращать на Землю, а через несколько часов после приведения она погибла. Если болезнь обезьяны связана с пребыванием в состоянии невесо-

мости, то может оказаться небезопасным длительный космический полет и для человека. Причины гибели обезьяны до конца не ясны, но для продолжения экспериментов денег больше нет.

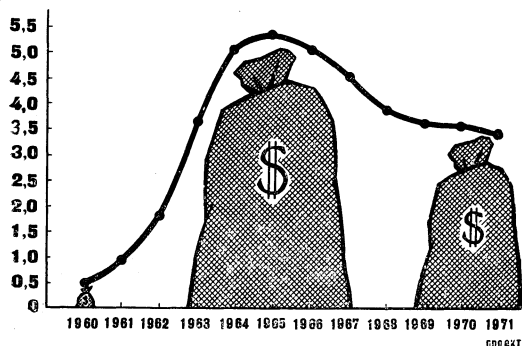
Нет денег и для изготовления ракет-носителей «Сатурн-5». В арсенале НАСА осталось восемь таких ракет. Все они предназначались для запусков кораблей «Аполлон» (от «Аполлона-13» до «Аполлона-20»). Очень нужна еще одна ракета для вывода на орбиту в 1972 г. обитаемой станции «Орбитал уоркшоп» («Орбитальная мастерская»). Где же ее взять? Запуск «Аполлона-20» пришлось отменить, а ракету-носитель, изготовленную для этого корабля, использовать для вывода на орбиту станции «Орбитал уоркшоп».

В связи с сокращением бюджета программа «Аполлон» претерпела и другие изменения. Раньше предполагалось запускать корабли «Аполлон» на Луну каждые четыре месяца и завершить запуски в 1972 г. Теперь интервалы между запусками решили увеличить до шести месяцев, в 1972 г. их вовсе не производить, а завершить в 1974 г. Американские ученые давно убеждали руководителей НАСА увеличить период между запусками кораблей «Аполлон» с четырех месяцев до шести, поскольку за четыре месяца они не успевали проанализировать результаты предыдущего эксперимента и на основе этого анализа подготовить новую программу следующего запуска. Раньше НАСА не соглашалось увеличить интервалы, мотивируя тем, что за большой промежуток времени стартовые команды и персонал, обслуживающий полет, дисквалифицируются. Таким образом, финансовые затруднения сыграли некоторую положительную роль. Правда, перерыв в запусках кораблей «Аполлон» на 1972 г. восполнится запуском в этом году станции «Орбитал уоркшоп», а также модифицированных кораблей «Аполлон» для доставки на эту станцию трех партий космонавтов. Первая партия из трех космонавтов должна провести на станции 28 суток, вторая и третья партии — по 56 суток.

Вот какие, далеко идущие последствия вызвало сокращение бюджета НАСА.

«United States Aeronautics and Space Activities», 1968.

млрд. долл.



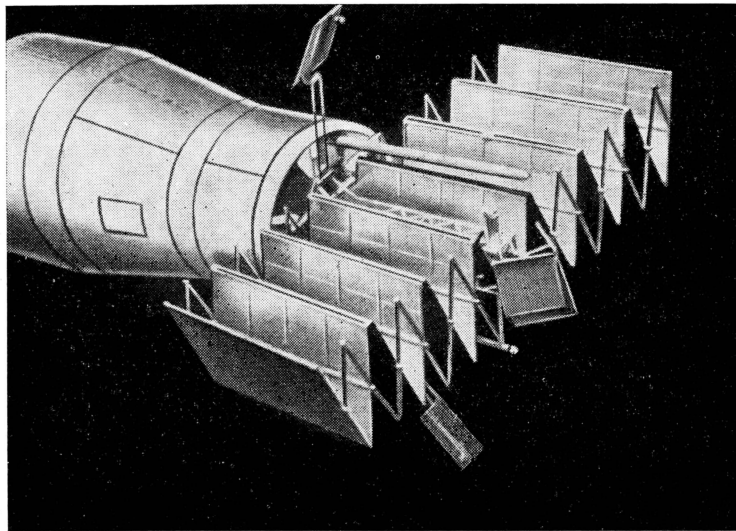
Сокращение бюджета космических исследований в США к 1971 г.

ГИБЕЛЬ «ПЕГАСА»

В 1965 г. американцы проводили летные испытания ракет-носителей «Сатурн-1», созданных в соответствии с программой «Аполлон». Ракета «Сатурн-1» могла вывести на низкую околоземную орбиту до 9 т полезной нагрузки. Полезную нагрузку ракеты при ее летных испытаниях составлял макет корабля «Аполлон» весом лишь 4,5 т. Таким образом, появилась возможность на ракете-носителе дополнительно установить исследовательский спутник весом 1,5 т для регистрации метеорных частиц. Спутник оборудовали крупногабаритными панелями с детекторами метеорных частиц. При запуске спутника панели сложены, а после выхода на орбиту они разворачиваются, подобно створкам ширмы, и образуют крылья размахом до 30 м, что послужило поводом для названия его именем мифологического крылатого коня Пегаса. На обеих поверхностях крыльев были установлены детекторы метеорных частиц общей площадью 210 м² — конденсаторы с внешними обкладками различной толщины. Принцип действия детекторов сводится к следующему. Метеорная частица пробивает обкладку, материал на участке пробоя испаряется, образуется проводящий газ, происходит электрический разряд, регистрирующий попадание частицы. Примерно через 3 м сек газ рассеивается, и конденсатор снова заряжается. Зная ориентацию спутника и толщину пробитых обкладок, можно определить массу, скорость и пространственное распределение частиц.

В феврале, мае и июле 1965 г. на орбиты взлетели три крылатых коня: «Пегас-1», «Пегас-2» и «Пегас-3». Все они прилежно трудились, докладывая о метеорной обстановке на расстоянии примерно 500 км от Земли. Длительность их работы значительно превысила расчетную. В августе 1968 г. было принято решение выключить передатчики спутников «Пегас», так как поработали они достаточно и уже начинали мешать связи со спутниками, запущенными позже.

Из-за больших габаритов спутники «Пегас» испытывают значительное аэродинамическое торможение, и вот первый из них — «Пегас-1» — 4 августа 1969 г. во-



Исследовательский спутник «Пегас-1», предназначенный для регистрации метеорных частиц. Запущен в мае 1965 г., прекратил существование в августе 1969 г.

шел в плотные слои атмосферы и прекратил существование. Любопытно, что за несколько суток до расчетного момента гибели спутника «Пегас-1» его передатчик по команде с Земли был включен снова, что позволило наблюдать за «агонией» спутника. Последние данные очень важны для выяснения работы механизма космических объектов во время схода с орбиты и для уточнения некоторых параметров верхних слоев атмосферы.

«Flight», 93, 3155, 1969.

ЕЩЕ О «ЛЕТАЮЩИХ БЛЮДЦАХ»

Группа из 37 американских ученых в течение двух лет тщательно изучала проблему «неопознанных летающих объектов». Военно-воздушные силы США затратили на это исследование свыше 500 000

долларов. Отчет группы за подписью ее руководителя Э. Кондона, содержащий 1500 страниц, был рассмотрен комиссией Академии наук США под председательством известного ученого, специалиста по небесной механике Дж. Клеменса. Заключение комиссии таково: «Мы единодушны в мнении, что было проведено заслуживающее всяческой похвалы мероприятие, в котором была объективно применена научная техника, подходящая для решения вопроса о «неопознанных летающих объектах». Основываясь на современных сведениях, можно сказать, что наименее правдоподобным объяснением «неопознанных летающих объектов» является гипотеза посещения Земли разумными внеземными существами».

Впрочем, ничтожное число исследованных случаев не нашло исчерпывающего объяснения. Основываясь на этом, несколько ученых все-таки выступили с критикой работы группы Э. Кондона.

«L'Astronomie», 83, 1969, 331.

В. В. П А Р И Н
академик

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА

Освоение космического пространства и планет солнечной системы связано с решением сложных биологических и медико-технических задач. Именно от того, как будут решены эти задачи, во многом зависит дальнейшее проникновение человека в космос.

РОЖДЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

Последние 10 лет насыщены крупнейшими достижениями в области исследования космического пространства. Регулярные запуски спутников для исследования космического пространства на различных расстояниях от Земли, посылка автоматических станций на Луну и на ближайшие планеты солнечной системы, полеты пилотируемых космических кораблей и биологических спутников — все это стало привычным явлением для советских людей.

Оглядываясь назад, можно смело сказать, что запуск в СССР 4 октября 1957 г. первого в мире искусственного спутника Земли ознаменовал начало космической эры, начало прямого изучения Вселенной человеком. Недалеким происходивший в сентябре 1967 г. в Белграде конгресс Международной астронавтической федерации официально постановил считать именно эту дату началом космической эры в истории человечества.

Проблемы обеспечения жизнедеятельности человека в сильно разреженной атмосфере и при низких температурах начали решать в 30-е годы нашего столетия, когда стала развиваться высотная авиация и завоевывалась стратосфера.

В связи с полетами стратостатов «СССР-1» и «Осоавиахим-1» в 1933 и 1934 гг. перед советскими физиологами во главе с Л. А. Ор-

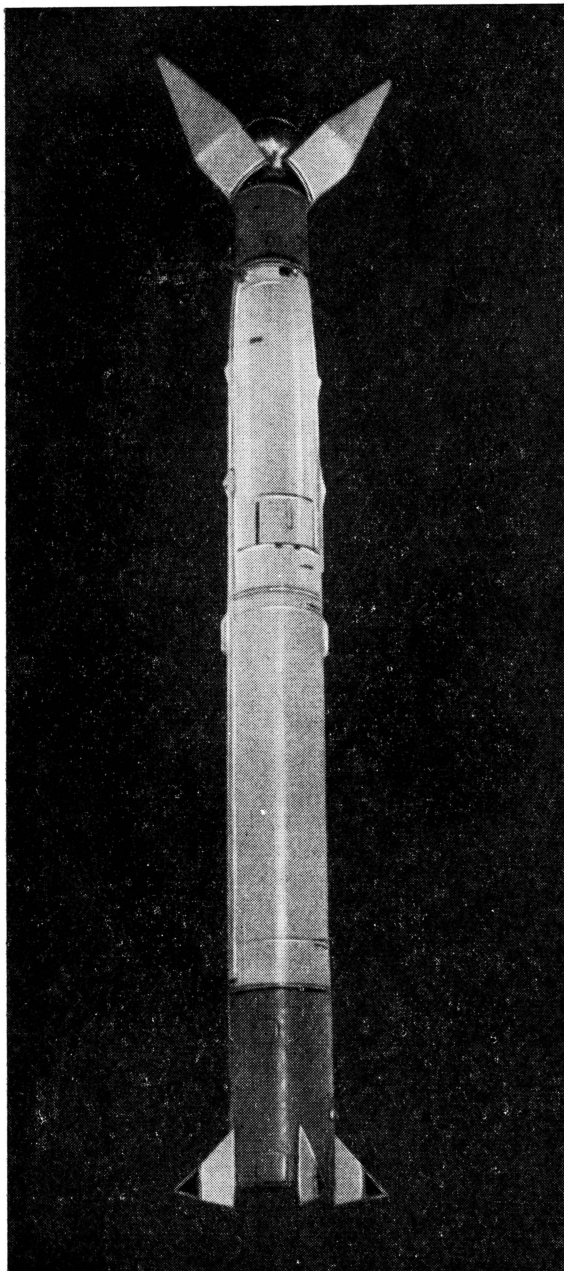
бели была поставлена задача — обеспечить жизнедеятельность и работоспособность трех воздухоплавателей в герметичных гондолах диаметром около 2 м.

Тогда исследовали течение физиологических процессов в герметически замкнутом объеме с давлением искусственной атмосферы порядка 500 мм. Удалось установить закономерности нарастания концентрации углекислого газа и снижения содержания кислорода в воздухе гондолы, найти способы удаления избыточного углекислого газа и влаги из воздуха, рекомендовать наиболее надежный и экономичный способ возмещения израсходованного кислорода, разработать пищевой рацион, аварийный пищевой запас и решить вопрос удаления отходов жизнедеятельности стратонавтов.

Результаты решения этих проблем в дальнейшем использовались при создании герметических кабин самолетов и послужили основой для разработки систем жизнеобеспечения космических кораблей.

В июле 1936 г. начались летные испытания первого экспериментального стратосферного самолета БОК-1. В фюзеляж была вмонтирована герметическая кабина цилиндрической формы с тремя иллюминаторами в передней части. Этот самолет поднялся на высоту более 14 км.

В качестве резервного средства при аварийной разгерметизации кабины стратосферных самолетов и предотвращения взрывной



Геофизическая ракета В5В, на которой проводилась отработка методики полета животных в космос и их возвращение

декомпрессии советские инженеры и авиационные врачи к 1940 г. создали первые скафандры: скафандр ГВФ конструкции Перескокова и Раппопорта, скафандр ЦАГИ конструкции Хромушкина и Бойко и скафандр Ч-3

конструкции Чертовского. В этих скафандрах можно было поддерживать давление кислорода в пределах 110—260 мм и достаточно легко передвигаться.

Вообще 30-е годы характеризуются расцветом авиационной медицины в СССР. В исследованиях, проведенных авиационными физиологами, впервые стали учитываться эквиваленты «бесконечной высоты»*.

Работы советских физиологов и биохимиков сыграли большую роль в раскрытии механизма регуляции функций в условиях воздействия на организм кислородной недостаточности, ускорений, повышенного и пониженного барометрического давления, взрывной декомпрессии, высоких и низких температур, малых яркостей, электромагнитных колебаний сверхвысокой частоты, ультрафиолетовой и инфракрасной радиации и других.

Результаты систематически проводившихся с 1926 г. комплексных высокогорных экспедиций на Алтай, Памир, Казбек, Эльбрус дали представление о том, как влияет на организм высота за различные промежутки времени, о физиологических и биохимических механизмах приспособления к ней.

Формированию основ космической медицины способствовали также разработанные в 20—40-х годах теоретические и практические принципы врачебной экспертизы летного состава. Положения отечественной авиационной медицины подверглись суровой проверке в годы Великой Отечественной войны.

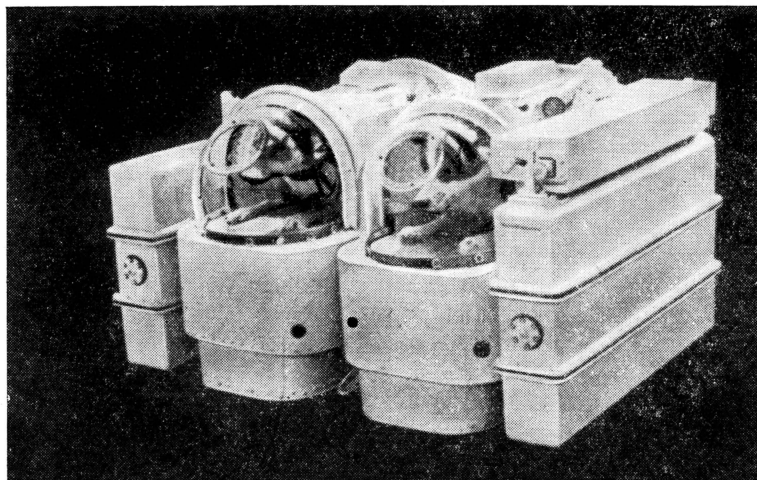
Таковы предпосылки, позволившие в конце 40-х годов, когда начались первые вертикальные запуски животных на геофизических ракетах на высоту более 100 км, начать подготовку к полету человека в космос.

БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА НА СЛУЖБЕ ЗАВОЕВАТЕЛЕЙ КОСМОСА

Выдающимся событием, ознаменовавшим превращение космической биологии и медицины в самостоятельные научные дисциплины, стало успешное осуществление в СССР программы биологических исследований, выполненных на высотных геофизических ракетах, втором искусственном спутнике Земли и космических кораблях-спутниках «ККС-2» и «ККС-5» (Н. М. Сисакян, О. Г. Газенко, В. В. Парин и др.)

* «Бесконечная высота» — высота, за пределами которой необходимо применение изолирующих высотных костюмов (скафандров) или герметических кабин регенерационного типа.

Кабина для собак на советском корабле-спутнике «Космос-110»

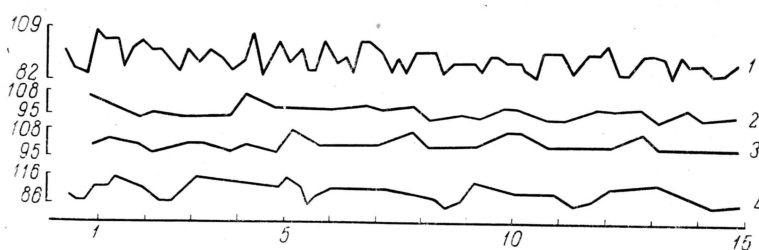


Итоги работ, проведенных при вертикальных полетах животных (собак и кроликов) на геофизических ракетах, снабженных герметическими кабинами, были впервые доложены А. В. Покровским на Международном конгрессе по аэронавтике, состоявшемся в Париже 3—8 декабря 1956 г. Ракетные биологические эксперименты с полетами на высоту 100—200—450 км позволили решить ряд медико-биологических вопросов, связанных с проникновением человека в космическое пространство.

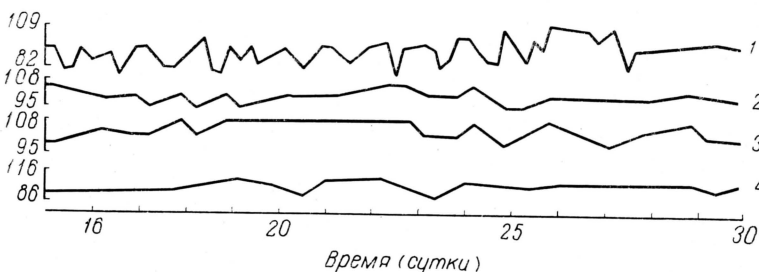
Наука располагает теперь данными, полученными в результате 14-суточного пребы-

вания людей в состоянии невесомости (именно такую продолжительность имел полет космического корабля «Джеминей-7») и 22-суточного «космического рейса» собак (на советском корабле-спутнике «Космос-110»).

Полет космического корабля «Аполлон-11», и особенно высадка космонавтов на поверхность Луны,— важный этап развития космонавтики. Это историческое событие, безусловно, займет достойное место в ряду достижений цивилизации, прежде всего таких, как первый полет в космос Юрия Гагарина и первый выход в космическое пространство Алексея Леонова. С медико-биологической



Динамика физиолого-гигиенических параметров у испытуемых в 30-суточном опыте: 1 — частота пульса; 2 — максимальное артериальное давление; 3 — минимальное артериальное давление; 4 — частота дыхания. При непрерывном (до 30 суток) газовом контакте человека с микроводородными проявлениями токсичности не обнаружено



точки зрения этот эксперимент подводит итог разработке проблем обеспечения сравнительно кратковременных полетов человека на пилотируемых кораблях, ставит на повестку дня непосредственное освоение Луны, создание на ее поверхности долговременных научных лабораторий.

Открывается возможность практически оценить условия обитания человека, особенности его передвижения, проверить эффективность разработанного снаряжения и оборудования. Все это весьма существенно для последующего совершенствования методов освоения человеком Луны. Можно также полагать, что будут стимулированы исследования, направленные на разработку проблем обеспечения более долговременного пребывания людей на Луне, создания на ее поверхности научных станций и поселений, о которых в свое время мечтал и писал Константин Эдуардович Циолковский.

Продолжительное пребывание человека на Луне может быть обеспечено за счет доставки и накопления необходимых запасов кислорода и продовольствия. Это — хотя и дорогой, но все же реальный способ решения проблемы.

Вместе с тем, вполне перспективно использование на Луне систем обеспечения жизнедеятельности, основанных на принципах регенерации — восстановления необходимых для человека продуктов: кислорода, воды и прочего.

В области создания перспективных систем жизнеобеспечения ощутимы результаты ис-

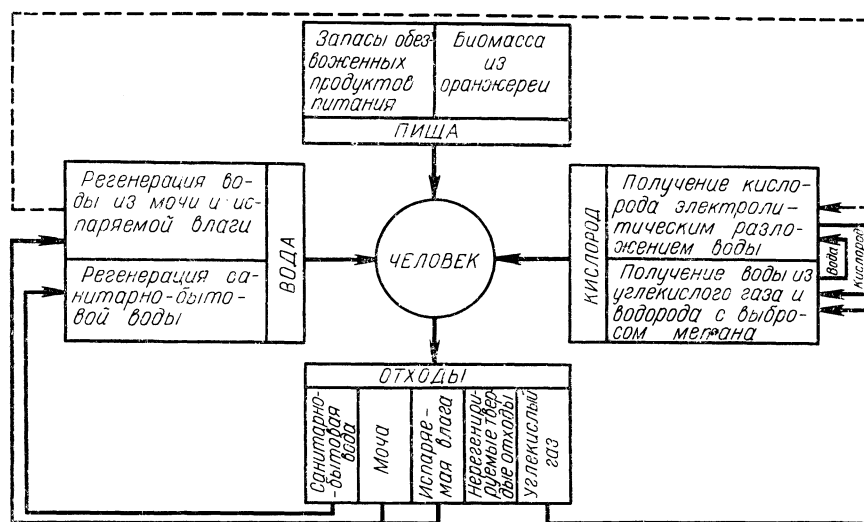
следований по снабжению человека кислородом с помощью растений (Л. В. Киренский, И. И. Гительзон и другие). На микроводоросли ученые возлагают большие надежды, испытывая их в качестве газообменника для космических кораблей. Система «человек — микроводоросли» решается советскими учеными успешнее, чем за рубежом. Более того, почти все американские ученые оставили работу по этой проблеме, считая ее экономически и технологически нерентабельной.

В 1967 г. опубликованы результаты изучения процесса непрерывного культивирования микроводорослей (хлореллы) с продуктивностью до 100 л кислорода с 1 м² освещаемой поверхности реактора.

Чтобы выяснить пригодность культиватора микроводорослей как газообменника на обитаемом космическом корабле, прежде всего требовалось определить биологическую совместимость человека и водорослей, а затем количественно исследовать газообмен в такой замкнутой системе.

Длительность опытов увеличивалась от нескольких часов до 30 суток по мере накопления доказательств пригодности «возрожденной» атмосферы для человека. Испытуемые находились в герметической камере, которая воздухопроводами соединялась с изолированным от внешней среды микроводорослевым культиватором. Объем кабины 12 м³, площадь пола 6 м².

За время опытов не было обнаружено накопления вредных примесей в атмосфере



Блок-схема массообмена в наземном комплексе систем жизнеобеспечения. Этот комплекс позволяет осуществить частично замкнутый круговорот веществ

кабины до опасных количеств; их концентрация в системе сохранялась на стабильном уровне. Видимо, биологическое восстановление атмосферы связано не только с воспроизводством кислорода и поглощением углекислоты, а выполняет еще и прочие гигиенически важные функции по облагораживанию атмосферы.

Таким образом, человек и микроводоросли оказались биологически совместимыми.

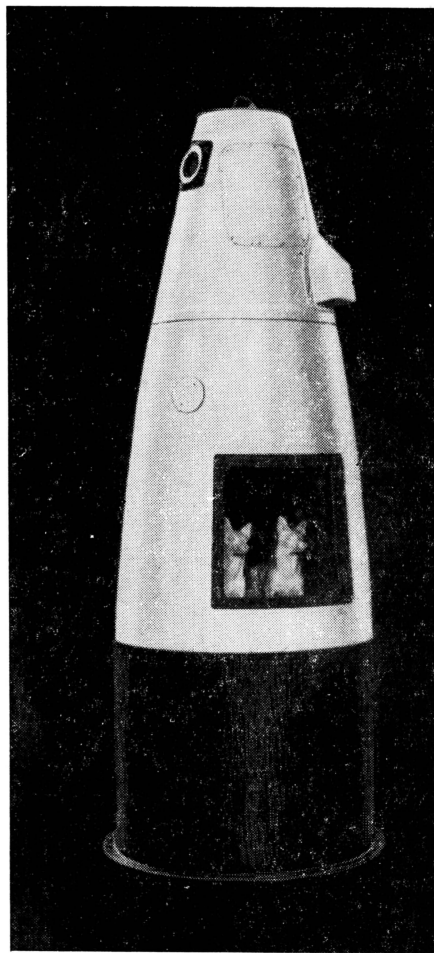
Эксперимент показал также возможность полного баланса газообмена человека и микроводорослей путем подбора соответствующей питательной среды для водорослей и подбора рациона питания человека.

Весьма успешно протекают опыты по разработке физико-химических систем с замкнутым круговоротом кислорода и воды. Регенерация кислорода и воды в изолированном объеме и в условиях невесомости — процесс крайне сложный, и из значительного числа возможных способов находят применение лишь наиболее надежные и эффективные.

В настоящее время в связи с увеличением длительности полетов зарубежные исследователи сосредоточили свое внимание на получении кислорода из углекислого газа с помощью твердых электролитов. Предложены регенеративные поглотители углекислого газа со сроком действия до 100 дней. Некоторые американские специалисты считают, что надежные и приемлемые по весу системы регенерации кислорода из углекислого газа и система регенерации воды могут быть созданы и установлены на космических кораблях в 70-х годах. Однако проблема регенерации остается пока весьма сложной. Главное в создании систем жизнеобеспечения, рассчитанных на длительные полеты и предусматривающих регенерацию пищи, воды и кислорода, — это источник энергии на борту космического корабля. Ряд проектов предусматривает использование радиоизотопных источников энергии с преобразованием тепловой энергии в электрическую.

Осуществленный в Советском Союзе медико-технический годовой эксперимент в наземном комплексе систем жизнеобеспечения подтверждает реальность создания этих систем, действующих длительное время.

Комплекс был оснащен современной исследовательской и контрольно-измерительной аппаратурой. В его состав включены сложные физико-химические и биолого-технические системы регенерации воды из мочи и конденсата атмосферной влаги, регенерации кислорода из воды, регенерации санитарно-быто-



Контейнер с собаками, устанавливаемый на ракетах класса В5В

вых вод, очистки атмосферы от углекислого газа и вредных примесей с использованием регенерируемых поглотителей, системы утилизации углекислого газа, выращивания богатых витаминами растений и другие.

5 сентября 1967 г. врач Г. А. Мановцев, биолог А. Н. Божко и техник Б. Н. Улыбышев вошли в герметическую кабину. Она состояла из бытового отсека и оранжевой, связанных друг с другом. Начался первый этап эксперимента. К бытовому отсеку подсоединили систему регенерации воды и кислорода, а также очистки атмосферы от углекислого газа. Оранжевая на этом этапе оставалась изолированной от жилого отсека, но автономно выводилась на режим зеленого конвейера, который обеспечивал последовательную периодичность сбора урожая.

Год в «земном звездолете». С 5 ноября 1967 г. по 5 ноября 1968 г. в наземном комплексе систем жизнеобеспечения человека в условиях длительных космических полетов был проведен годовой эксперимент с участием трех испытуемых (сверху вниз): врача Г. А. Мановцева, биолога А. Н. Божко и техника Б. Н. Улыбышева



22 января 1968 г. начался второй этап эксперимента — была подключена оранжерея. В середине этого этапа в комплекс включили лабораторную систему регенерации санитарно-бытовой воды для умывания и душа.

С 5 мая по 5 сентября 1968 г. длился последний этап. Систему регенерации кислорода и поглощения углекислого газа, основанную на использовании кислородсодержащих соединений, отключали. В течение 2 месяцев осуществлялся переход на новые системы, обеспечивающие наиболее полную регенерацию атмосферы гермокабины.

В соответствии с программой исследований дважды проводили имитацию аварийных ситуаций, искусственно выводя из работы отдельные системы жизнеобеспечения или переводя их на другой режим.

Использованный в эксперименте принцип поэтапного включения отдельных систем в комплекс вполне себя оправдал. Это помогло более точно оценить роль и особенности каждой системы в комплексе и отметить некоторые изменения среды обитания, возникшие после подключения соответствующей системы, а также позволило дать характеристику отдельным сочетаниям биолого-технических систем, которые характеризовались различной эффективностью регенерации.

ЗАБОТЫ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

В настоящее время уделяют наибольшее внимание детальному изучению механизмов действия космического полета и разработке средств устранения или ослабления его отрицательного воздействия; совершенствованию уже созданных и созданию новых замкнутых систем жизнеобеспечения; дальнейшему изучению деятельности космонавтов в целях обеспечения оптимальных способов и интенсивностей работы при выполнении любых заданий.

Несмотря на крайнюю сложность упомянутых проблем, ученые полны оптимизма.

Уже опубликованы работы, в которых рассматривается возможность сохранения защитных функций организма космонавта и его высокой работоспособности в длительном полете и при выходе в открытый космос.

До настоящего времени в проведенных наблюдениях изучали состояние жизненно важных систем организма — сердечно-сосудистой и центральной нервной системы и в гораздо меньшей степени — дыхательной и системы анализаторов.



Г. А. Мановцев в жилом отсеке

Практически почти не затронуто изучение пищеварительной и эндокринной систем, обмена веществ во всем его многообразии.

На данном этапе развития космической биологии и медицины особое значение приобретают как новые методы исследования на человеке, позволяющие более глубоко прони-

кать в суть механизмов приспособляемости организмов, так и (в особенности) опыты на животных с широким сравнительно-физиологическим подходом.

Необходимо значительно расширить биохимические и эндокринологические исследования организма космонавтов, в частности, соз-

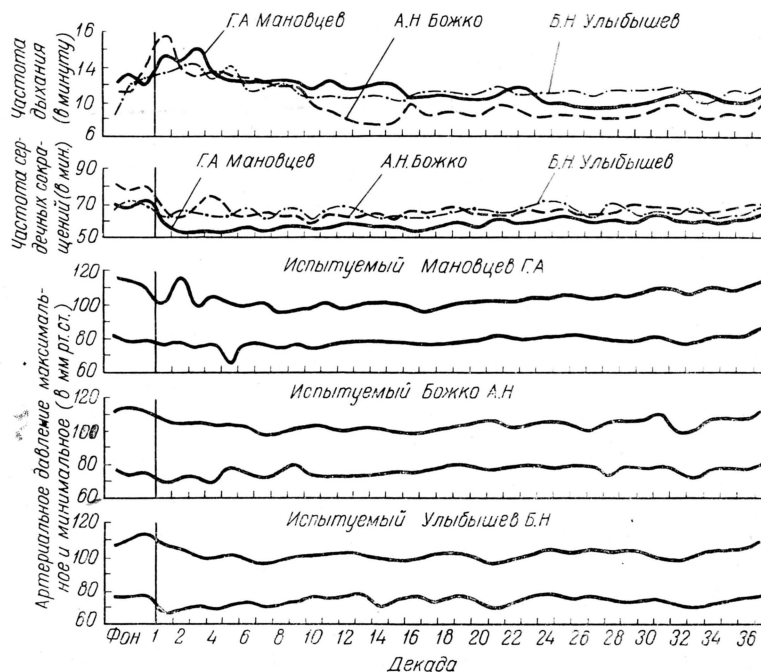
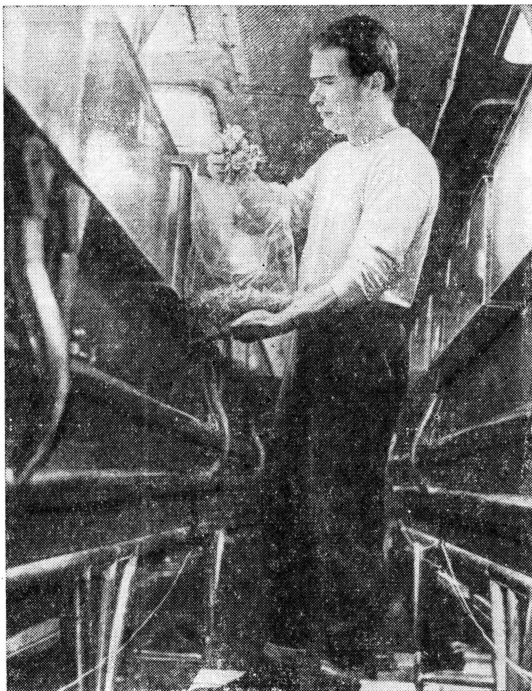


График изменения физиологических функций у испытуемых в ходе годового медико-технического эксперимента. У всех испытуемых большинство физиологических функций изменялось одинаково. Испытуемый коллектив оказался в значительной степени совместимым и психофизиологически. Эффективность будущей деятельности такого коллектива должна быть достаточной



*А. Н. Божко собирает урожай в «космической
оранжерее»*

дать методы автоматического взятия необходимых проб, автоматического анализа на борту корабля или найти надежные способы консервации этих проб для последующего исследования на Земле.

Большое значение приобретают также электронно-микроскопические исследования, позволяющие в значительной степени подкрепить физиологические и биохимические выводы.

Разработка процессов синтеза и пици идет по нескольким направлениям, в частности, по химическому синтезу питательных веществ и по использованию биологических процессов для получения белков. Среди последних процессов наиболее перспективно, видимо, выращивание водородных бактерий и дрожжей на продуктах жизнедеятельности космонавтов.

Большое значение для космической биологии имеет проблема биологических ритмов. Роль последних в сохранении определенных реакций организма в условиях длительного полета приобрела в космической физиологии особое значение.

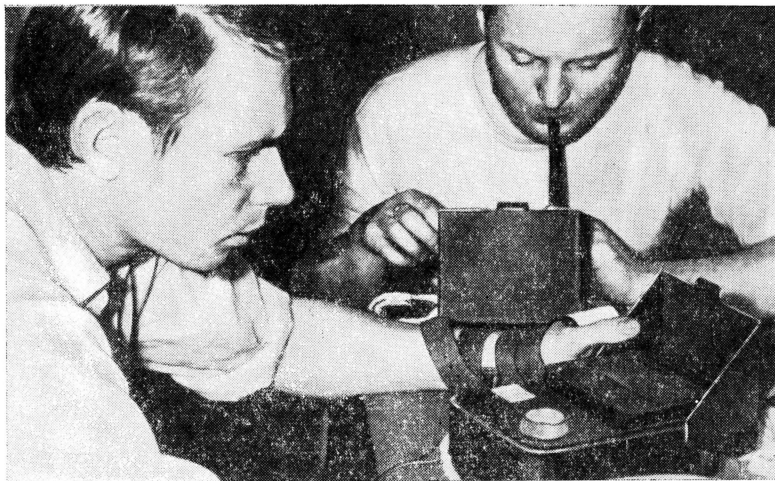
По-прежнему актуальны работы, итоги которых позволяют применять результаты исследований затрат энергии при движении и работе в специально создаваемых наземных условиях к условиям пониженной гравитации и ограничениям, связанным с ношением космических скафандров.

Чтобы эффективность работы была наивысшей, ее нужно выполнять с максимальной для пределов выносливости и квалификации человека скоростью. При малых скоростях передвижения энергетическая эффективность низкая, так как значительная часть энергии используется для поддержания различных функций организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, выделительной), которые непосредственно выполнению внешней работы не способствуют.

Изучение энерготрат при работе с различной интенсивностью связано с изучением роли отдельных пищевых компонентов в питании космонавтов. Подтверждается, что по энергетическому балансу нельзя судить о действительных потребностях организма в составляющих рацион питания, поскольку общий баланс не вскрывает всех тех источников энергии, за счет которых он устанавливается. Так, например, диеты с высоким и низким содержанием белка в течение 2 месяцев не влияют на энергетическую эффективность во время работы (однако в условиях кислородного голодания недостаточность белка в питании приводит к нарушению состава белков организмов). Выведено соотношение, которое позволяет ориентировочно рассчитать энергетическую потребность организма при различных условиях гравитации.

Невозможно переоценить важность вопроса о построении единой теории биологического и медицинского контроля, а также прогнозирования применительно к условиям различных по продолжительности (свыше месяца) полетов в космическое пространство. Ведь на фоне общего удовлетворительного состояния организма, высокой работоспособности, отсутствия видимых отклонений в поведении космонавта при определенных условиях воздействия ускорений, кислородной недостаточности или других раздражителей возможны скрытые нарушения. Можно выявить все фазы течения реакций, на фоне которых действие какого-либо раздражителя может усилиться, ослабиться или даже полностью затормозиться другим. Вот почему следует относиться с крайней осторожностью к сообщениям о благоприятном влиянии отдельных факторов полета, а не их реальной совокупности.

Г. А. Мановцев и Б. Н. Улыбышев проводят первую пробу по изучению групповой совместности



Необходимы новые экспериментальные материалы, которые следует добывать в лабораторных условиях и на биоспутниках. Важно углубить представления не только о влиянии на организм отдельных факторов полета (ускорений, невесомости, гиподинамии, шума, изменений температуры и других), но и о воздействии этих факторов в совокупности на всех уровнях, начиная от молекулярного и кончая организменным.

Исследования советских ученых заставляют прийти к выводу: чем более тонко функции органа контролируются высшими отделами центральной нервной системы, тем быстрее и значительней выявляются их изменения и тем меньше времени уходит на восстановление их до исходного уровня.

В итоге анализа всех полученных различными исследователями материалов в сравнительно-физиологическом плане (простейшие, одноклеточные водоросли, высшие растения, животные, человек) накоплен большой фактический материал, установлен ряд биологических закономерностей и возникли новые задачи. Эти задачи в большинстве необычайно сложны и, вместе с тем, интересны и увлекательны. Опыт, накопленный космической биологией и медициной за первое десятилетие своего существования, является надежной предпосылкой успехов дальнейших работ.

«Человек будет жить и работать в космосе». Эта мечта К. Э. Цюлковского станет былью.

Решению многих вопросов, поставленных в этой статье, будет, несомненно, способствовать создание и вывод на околоземную орби-

ту длительно существующей космической станции. Такая станция необходима для всестороннего изучения космического пространства. Ведь только долгие постоянные наблюдения могут дать обширный научный материал, без которого немыслимо знание закономерностей мира, окружающего нашу планету. В этом — одно из достоинств космической станции. Специалисты по космической медицине и биологии получают прекрасную возможность наблюдать человека в вечной лаборатории невесомости. Вечной в том смысле, что это состояние человек будет испытывать не ограниченное время, а сколько нужно для исследований. Может быть это покажется странным, но о самом главном свойстве космоса — о невесомости мы знаем не только далеко не все, но и, к сожалению, сравнительно немного. На космической орбитальной станции нетрудно будет «нащупать» временный барьер невесомости. Вполне возможно, что человек не сможет бесконечно долго парить в невесомости. Орбитальная станция позволит осуществить поиски и испытание новых принципов, по которым будут строиться системы жизнеобеспечения на космических станциях и кораблях. И, наконец, на орбитальной станции можно будет изучить биоритмы человека, его «биологические часы». Это — основные вопросы, которые предполагается решить на орбитальных станциях.

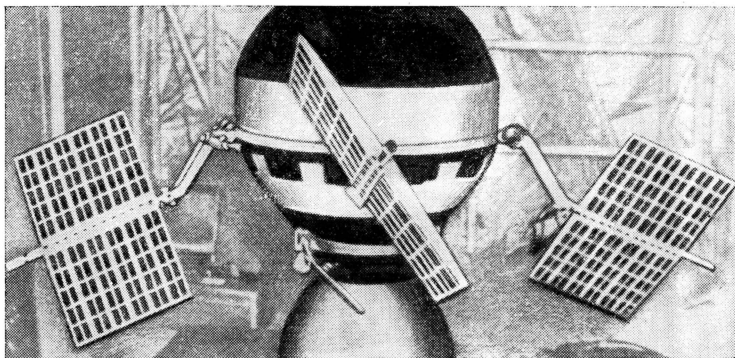
Новые успехи советской космонавтики дадут в руки биологов и медиков новые возможности изучения влияния длительных космических полетов на организм человека, животных и растений.



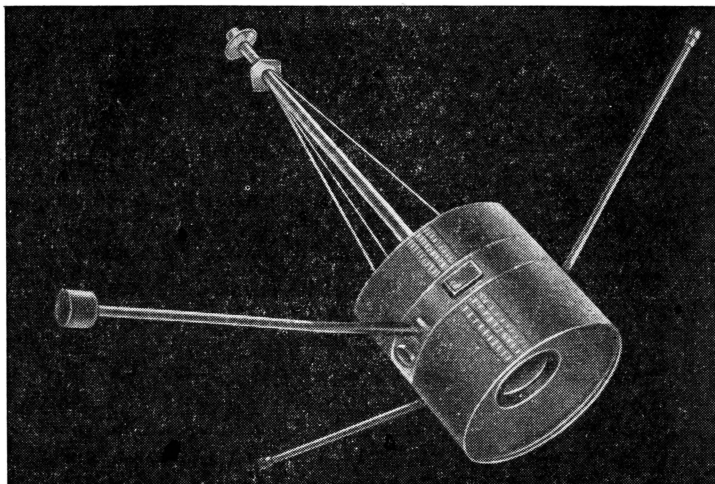
О ПРОГРАММЕ «ПИОНЕР»

Запуском первых американских космических объектов сопутствовали многочисленные неудачи. Из одиннадцати спутников «Авангард» на орбиты вышло только три, а из девяти космических аппаратов, запущенных на первом этапе программы «Пионер», — только два. Спутники «Авангард» закончили свое существование уже в 1959 г., а работы по программе «Пионер» (1958—1960 гг.) были возобновлены в середине 60-х годов.

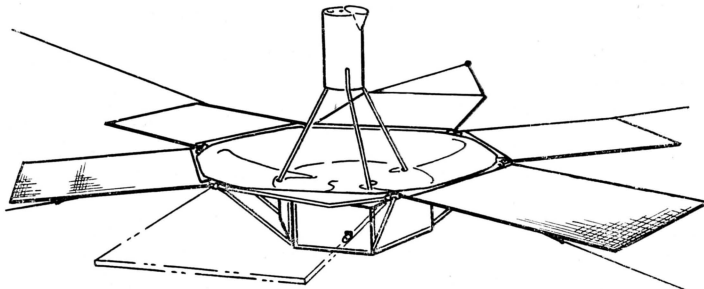
На втором этапе (1965—1969 гг.) дело пошло значительно лучше. Из пяти космических аппаратов «Пионер» четыре вышли на заданные околосолнечные орбиты, пролегающие между орбитами Земли и Венеры или между орбитами Земли и Марса. Более того, продолжительность их активного существования была рассчитана на 6 месяцев, но они действуют уже в течение нескольких лет. На них установлены магнитометры, детекторы солнечной плазмы, космического излучения солнечного и галактического происхождения, метеорных частиц. При этом данные траекторных измерений используются для уточнения астрономической единицы, отношения масс Земли и Луны, формы и ориентации орбит планет. Они служат также для проведения экспериментов по обнаружению эффектов, предсказанных теорией относительности. Но главное их назначение — заблаговременно предупреждать о солнечных вспышках, что важно, в частности, для прогноза радиационной обстановки при планировании полетов пилотируемых космических кораблей. Четыре аппарата, выведенные на орбиты на втором этапе работ по программе «Пионер», несут радиационную вахту в разных областях околосолнечного пространства. Особо ценную информацию они сообщают, когда находятся за Солнцем. В эти периоды можно регистрировать явления на невидимом в данный момент с



«Пионер-5» — один из космических аппаратов, запущенных в 1958—1960 гг.



«Пионер-6» — один из космических аппаратов, запущенных в 1965—1969 гг.



«Пионер-F». Его запуск планируется на 1972—1973 гг.

Земли полушарии Солнца. Появляется реальная возможность долгосрочного прогноза радиационной обстановки у Земли.

Предусмотрен третий этап программы «Пионер». На этом этапе в 1972—1973 гг. предполагают запустить аппараты для изучения пояса астероидов между орбитами Марса и Юпитера, а также для исследования Юпитера с пролетной траектории. Преодолев пояс астероидов, они должны пройти на удалении 150 000—500 000 км от поверхности Юпитера, произвести зондирование и съемку планеты. Выбранное расстояние от планеты должно исключить повреждение бортовой аппаратуры в поясах радиации Юпитера. Будущим полетам придадут большое значение, так как они должны проторить путь для исследователей дальних планет солнечной системы. Запуски дорогостоящих и сложных аппаратов по программе «Большой тур» (см. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г.) нецелесообразны до тех пор, пока не будет выяснено, какие опасности подстерегают их в поясе астероидов, каково влияние радиационного пояса и магнитосферы Юпитера и т. д. В разведку отправятся сравнительно простые аппараты «Пионер», которые в случае успешного выполнения задач смогут оправдать свое ко многому обязывающее название.

«Interavia Air Letter», 6825, 1969.

ЯПОНИЯ — НОВЫЙ ЧЛЕН «КОСМИЧЕСКОГО КЛУБА»

Как сообщалось ранее (см. «Земля и Вселенная», № 1, 1970 г.), в 1970 г. в Японии планировался запуск искусственного спутника Земли. Япония с 1966 по 1969 г. четырежды пыталась вывести на орбиту спутник своей ракетой-носителем. Во всех случаях неисправность верхних ступеней ракеты приводила к аварии.

11 января 1970 г. из Центра космических исследований в Утиноура (о. Кюсю) четырехступенчатая ракета «Ламбда-4-С-5» вывела искусственный спутник весом в 23 кг на орбиту. Осуществив этот запуск, Япония стала четвертой космической державой после СССР, США и Франции, которые запустили свои первые спутники 4 октября 1957 г., 1 февраля 1958 г. и 26 ноября 1965 г. соответственно.



ПРОИСХОЖДЕНИЕ СТРУКТУРЫ РИШАТ

В июне 1965 г. с американского пилотируемого спутника «Джеминай-4» была получена фотография центральной части Мавритании, которая сразу же привлекла внимание специалистов, занимающихся изучением лунного рельефа. На снимке отчетливо просматривается необычайная кольцевая геологическая структура Ришат — система невысоких кольцевых концентрических гряд поперечником около 33 км. Вообще говоря, Ришат был известен еще с 1948 г., но на фотографии, сделанной из космоса, выявилось его поразительное сходство с Морем Восточным на Луне.

Многие селенологи считают, что круглая, окаймленная горными цепями 300-километровая равнина Моря Восточного порождена ударом астероида и последовавшими за этим излияниями лавы и круговыми проседаниями. Такое же предположение было высказано относительно происхождения структуры Ришат.

Чтобы проверить гипотезу об ударно-метеоритном происхождении Ришат, была организована в 1968 г. специальная экспедиция во главе с известным геологом Р. Дитцем. Из его отчета известно, что, по-видимому, преждевременно включать Ришат в список древних ископаемых кратеров — астрооблем.

Структура Ришат представляет собой препарированный эрозией купол, сложенный чередующимися слоями различных известняков, песчаников и сланцев. По мнению исследователей, он возник, вероятно, в результате интрузии, которая приподняла пласты горизонтально залегающих осадков, либо в результате тектонического поднятия. Позже вершина купола была

разрушена выветриванием, так что, по образному сравнению Р. Дитца, получилось нечто напоминающее луковичу со срезанной верхушкой.

Убедительных признаков мощного ударного воздействия на горные породы экспедиция не обнаружила. Все основные особенности строения структуры Ришат объясняются традиционными геологическими процессами. Какие выводы должны сделаться из этого факта селенологи, пока сказать трудно.

«Geological Society of America Bulletin». 80, 7, 1969.

ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА В МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ

По линиям поглощения межзвездных молекул $O^{13}N^+$ и $C^{12}N^+$ в спектрах звезд можно судить о содержании изотопов C^{13} и C^{12} в межзвездной среде. Длина волны кванта, излучаемого молекулой (или атомом), хотя и слабо, но зависит от ее массы. Длины волн линий CN^+ , соответствующих разным изотопам углерода, различаются лишь на десятые доли ангстрема. Эту ничтожную разницу удалось уловить сотрудникам Годдардовского института космических исследований В. Бортолоти и П. Таддеуши после тщательного анализа 25 спектрограмм, полученных на 3-метровом телескопе Ликской обсерватории.

Оказалось, что отношение межзвездного обилия изотопов C^{12} и C^{13} , пропорциональное интенсивности линий поглощения $C^{12}N^+$ и $C^{13}N^+$, примерно равно 82 : 1. (Так как линия $C^{13}N^+$ очень слабая, то это отношение в действительности лежит между 137 : 1 и 67 : 1.) Отношение обилия изотопов C^{12} и C^{13} на Земле составляет 89 : 1. По-видимому, звезды, богатые углеродом, вносят незначительный вклад в содержание этого элемента в межзвездной среде, ведь в таких звездах отношение обилия C^{12} к C^{13} не превышает 4 : 1.

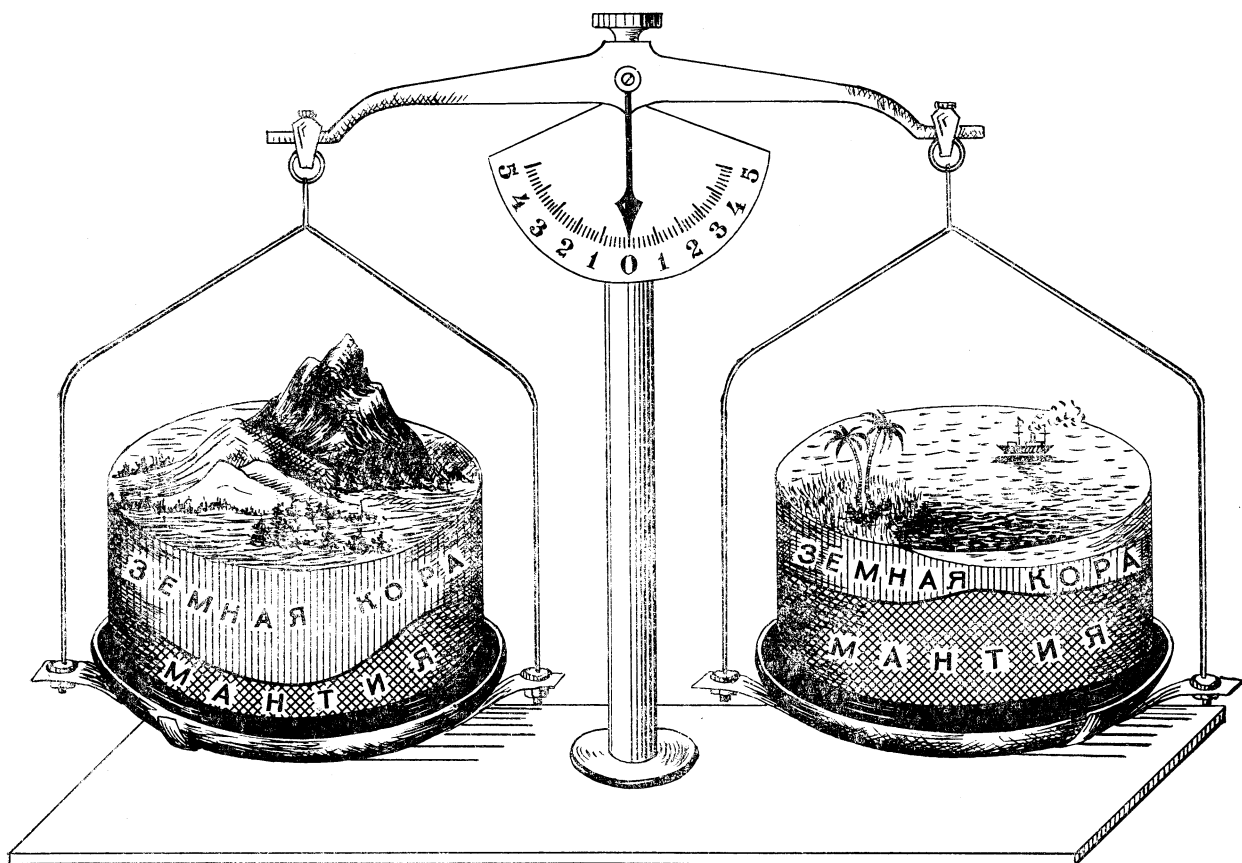
Равенство соотношений между изотопами углерода на Земле и в межзвездной среде указывает на высокую стабильность состава межзвездной среды по крайней мере за все время существования Земли, которое сейчас оценивается примерно в 5 млрд. лет.

«Astrophysical Journal Letters», январь, 1969

М. Е. АРТЕМЬЕВ
кандидат технических
наук

ИЗОСТАЗИЯ

Почти гидростатическое равновесие — важная особенность физического состояния недр Земли. Неоднородная земная кора, вопреки нарушающим равновесие активным тектоническим процессам, также стремится к этому состоянию.



Как хорошо известно, вследствие вращения вокруг оси Земля заметно сплюснута у полюсов. Форма нашей планеты близка к той, которую она должна иметь, если была бы жидкой и состояла из вложенных друг в друга слоев-оболочек. Плотность оболочек постепенно увеличивается к центру Земли. Можно теоретически рассчитать, какими будут значения силы тяжести в разных географических пунктах такой «идеальной» Земли, при этом нужно учесть, что вследствие ее вращения и сплюснутости сила тяжести несколько убывает от полюсов к экватору. Сейчас уже выполнены тысячи инструментальных измерений силы тяжести во многих точках земной поверхности. Полученные значения оказались близкими к теоретическим, но, как правило, совпадение неполное. Разницу между теоретическими и наблюдаемыми значениями называют аномалиями силы тяжести. Очевидно, что эти аномалии обусловлены отличием истинного строения Земли от той теоретической модели, которая использовалась для расчетов. Поэтому изучение аномалий помогает уточнить наши знания о внутреннем строении Земли.

Конечно, допущенные при расчетах предположения, в частности, о том, что Земля состоит из слоев-оболочек, однородных в направлении, перпендикулярном радиусу Земли, т. е. горизонтально однородных, оказываются несколько упрощенными. Действительно, на поверхности Земли наблюдается довольно сложный рельеф: океаны с глубочайшими впадинами на их дне, континенты с высокими горными цепями. Вследствие этого внешняя оболочка Земли — земная кора — явно неоднородна по толщине и плотности.

Основную часть внешних неоднородностей легко учесть. Можно мысленно «засыпать» впадины, поверхность которых находится ниже уровня моря, например, Прикаспийскую, веществом с некоторой средней плотностью земной коры, а моря и океаны — веществом, плотность которого равна разности средней плотности коры и воды. Можно (также мысленно) удалить континентальные массы, возвышающиеся над уровнем моря. Нетрудно представить, как в этом случае изменятся теоретические значения силы тяжести, и получить, таким образом, новые величины аномалий. Оказалось, однако, что такая поправка не уменьшает величины аномалий, а напротив, увеличивает их в несколько раз. Причем, вычисляемые значения силы тяжести на океанах оказываются значительно

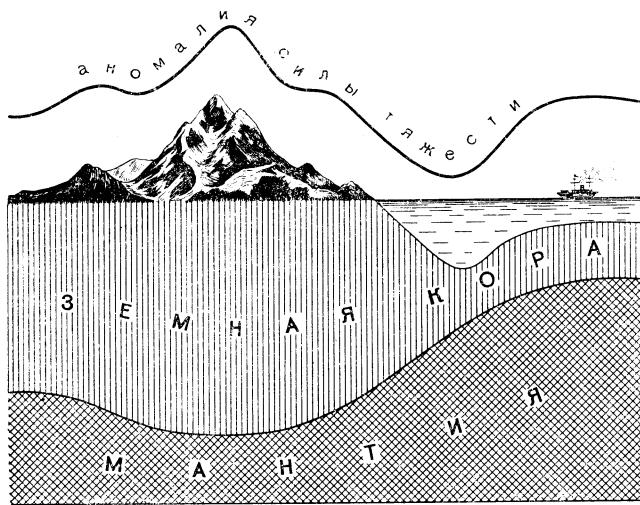
больше, а на суше, особенно в горах, — много меньше истинных. Это свидетельствует, что избытку масс на поверхности Земли — горным хребтам, возвышенностям — соответствует дефицит масс на некоторой глубине: под горными хребтами или под возвышенностями залегают породы более легкие, чем на той же глубине под соседними областями. Аналогично недостатку масс в поверхностных слоях (во впадинах, морях и океанах) соответствует избыток масс на некоторой глубине под ними. Это явление называют изостатической компенсацией, изостазией.

Если при теоретических расчетах учесть кроме влияния рельефа земной поверхности еще и влияние глубинных компенсирующих масс, то разность теоретических и наблюдаемых значений силы тяжести значительно уменьшится.

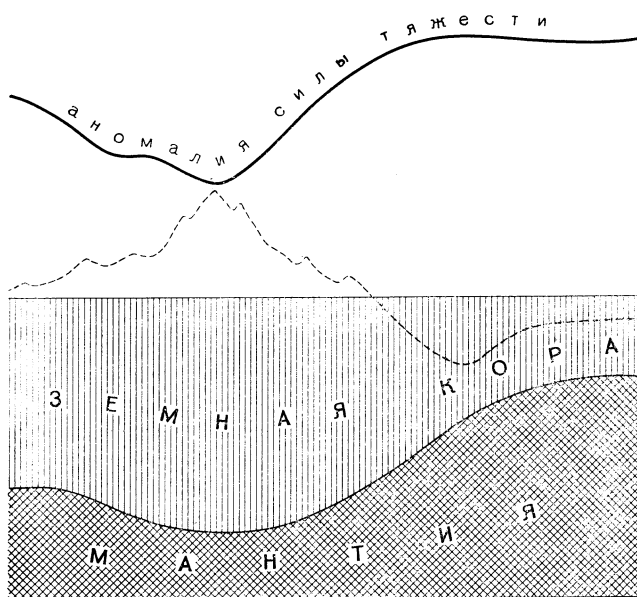
Первым заподозрил изостатическую компенсацию неровностей рельефа французский исследователь П. Буге в 1749 г. Выполняя геодезические измерения в Перу, он заметил, что притяжение Анд много меньше, чем следовало бы ожидать, учитывая огромную массу слагающих их пород. Однако слово «компенсация» еще не было сказано.

В 1750 г. Р. Боскович писал, что «возникновение гор можно объяснить, главным образом, температурным расширением материала в глубине, вследствие чего породы, залегающие вблизи поверхности, поднимаются вверх. Это поднятие не означает подток или добавление материала на глубине. Недостаток вещества внутри гор является компенсацией для вышележащих масс».

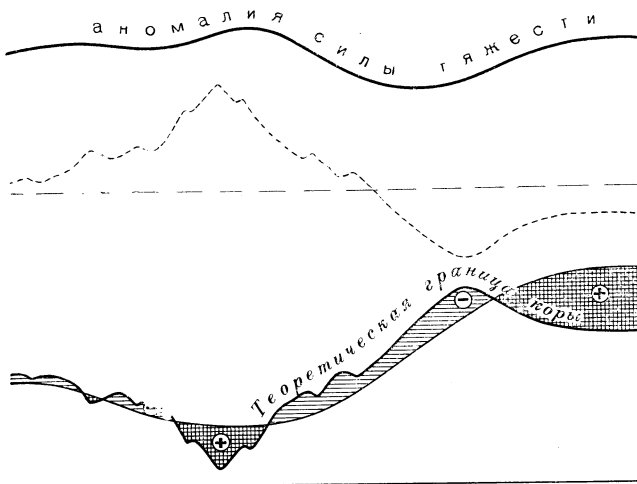
В середине прошлого столетия при геодезических исследованиях в Индии было обнаружено, что фактическое притяжение Гималайских гор также заметно меньше расчетного. Объясняя это явление, английские ученые Дж. Эри и Дж. Пратт в 1855 г. предложили каждый свою гипотезу изостазии. Эти гипотезы и сейчас являются основными. Эри теоретически доказал, что земная кора не может выдержать нагрузки гор и плоскогорий без утолщения ее снизу. Пратт также признавал компенсацию, но, исходя из господствовавшей тогда гипотезы контракции (сжатия) Земли, считал, что компенсация осуществляется неравномерным сжатием первоначально гладкой и однородной коры. При сжатии коры образовались впадины, и плотность вещества под ними больше, чем под возвышенностями, кото-



Схематический разрез земной коры. Верхняя кривая построена по наблюдаемым величинам аномалии силы тяжести



На этой схеме горы выровнены, моря заполнены веществом, плотность которого равна средней плотности коры. В верхней части рисунка показана соответствующая аномалия силы тяжести



Распределение масс, создающих положительные (знак +) и отрицательные (знак —) изостатические аномалии силы тяжести. Схема соответствует условиям теоретической компенсации после учета влияния топографии и морской воды

рые, по его мнению, испытали меньшее сжатие.

Согласно Эри, кора имеет постоянную плотность, но различную толщину, т. е. под горами образуются большие утолщения — «корни гор», а под океанами мощность земной коры резко сокращается, и к поверхности Земли приближаются тяжелые массы глубинного вещества. Поэтому на уровне самого глубокого «корня гор» давление выходящих толщ в случае полного равновесия должно быть везде одинаково. По гипотезе Пратта, нижняя поверхность коры — горизонтальная, а плотность ее меняется так, что более возвышенным местам соответствует меньшая плотность.

Многочисленные и разнообразные геофизические исследования показали, что изостатическое равновесие осуществляется более сложным образом, чем предполагали Эри и Пратт.

Схема Эри оказалась ближе к реальной действительности. Под океанами мощность земной коры равна всего 5—10 км; при значениях высот рельефа, близких к уровню моря, мощность коры составляет 30—35 км, а под высочайшими горными хребтами толщина коры может достигать 60—70 км.

В общих чертах изостазия осуществляется благодаря изменению мощности земной коры. Однако в земной коре известны и большие неоднородности плотности. Недавние исследования показали, что в некоторых районах важную роль в осуществлении равновесия играют также горизонтальные изменения плотности слоя, непосредственно подстилающего земную кору.

Например, на плато Колорадо в Северной Америке в районах с высокоподнятым рельефом нет соответствующего таким высотам увеличения мощности земной коры. В то же время под некоторыми впадинами, например Прикаспийской или Ферганской, отсутствует необходимое для изостатического равновесия сокращение мощности земной коры. Как же быть? Более детальные геофизические исследования объяснили, что изостатическое равновесие в этих районах осуществляется благодаря изменению плотности подкорового слоя. Под плато Колорадо земную кору сменяет слой мантии с относительно пониженной плотностью, а под некоторыми впадинами плотность мантии относительно высока.

В результате изучения изостазии на Земле были обнаружены районы, где равновесие сильно нарушено. Изостатическое равновесие нарушается там, где особенно интенсивны современные глубинные процессы. Это,

прежде всего, — прибрежные зоны Тихого океана, Средиземноморье, Крым, Кавказ и многие горные районы Южной и Центральной Азии.

Кроме того, анализ значений силы тяжести, полученных при наблюдениях на суше, на морях и океанах, а также результаты изучения изменений орбит искусственных спутников Земли показали, что помимо аномалий, связанных со структурами земной коры, существуют не слишком большие по амплитуде, но захватывающие огромные территории гравитационные аномалии. (Аномалии силы тяжести влияют на орбиты искусственных спутников, поэтому, изучая характер изменения орбит, можно получить представление о распределении и интенсивности этих аномалий.) Эти аномалии занимают площади в миллионы и десятки миллионов квадратных километров с крайне разнородными участками земной поверхности. Например, одна аномалия охватывает Западную Сибирь, Средне-Сибирское плоскогорье, высокогорные районы Центральной Азии, Индию, значительную часть Индийского океана.

Чем вызываются эти обширные аномалии? Прежде всего тем, что в глубоких недрах Земли, возможно на глубинах в несколько сотен километров, существуют крупные плотностные неоднородности. Мы не будем останавливаться более подробно на объяснении возможных причин их существования. Отметим только, что вызываемые этими неоднородностями аномалии силы тяжести не имеют отношения к равновесию земной коры. Они только осложняют гравитационное поле, обусловленное нарушениями изостазии, а потому их нужно выделить и исключить при изучении изостазии.

В недрах нашей планеты действуют мощные, но еще очень мало изученные внутренние силы. А на поверхности Земли разрушаются горы, накапливаются мощные толщ осадочных пород, что приводит к перераспределению масс. Все это и нарушает изостатическое равновесие. Изостатические силы то противодействуют движениям земной коры, то помогают им, а в некоторых районах изостатическое равновесие почти не нарушается.

Процессы, нарушающие и восстанавливающие равновесие земной коры, протекают одновременно. Чтобы узнать, какой из них преобладает в данный отрезок времени, нужно изучать и движение земной коры, и аномалии силы тяжести.

Мы еще очень мало знаем о природе процессов в недрах Земли. А ведь понять эти

процессы — значит получить новые месторождения полезных ископаемых; понять эти процессы — значит научиться предсказывать землетрясения, цунами и извержения вулканов. Изучение изостазии позволяет нащупать некоторые явления, происходящие в глубинах нашей планеты. В одних случаях это может быть приток или отток глубинного вещества, в других — изменение его плотности и т. д.

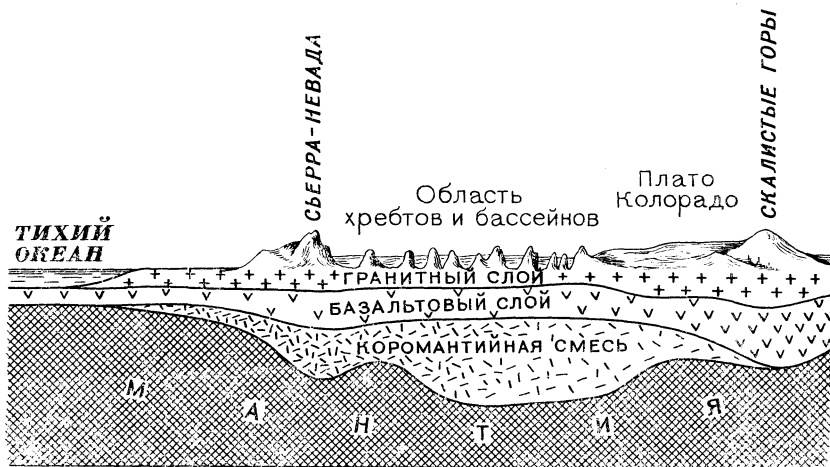
Как получить представление о механизме осуществления равновесия и некоторых характеристик глубинного вещества? Для этого следовало бы приложить к поверхности Земли некоторую нагрузку, сопоставимую, например, с нагрузкой гор, а затем исследовать возникающие при этом движения. К счастью, в самой природе мы можем наблюдать последствия подобных «экспериментов». Это — крупные современные материковые оледенения Гренландии и Антарктиды, а также исчезнувшие около 10 000 лет назад колоссальные ледники Европы и Северной Америки с центрами в Скандинавии и на севере Канады. Под тяжестью льда земная кора попружается словно плот, на который сверху положили дополнительный груз. Так, Антарктида опустилась на несколько сотен метров, и поверхность ее коренных кристаллических пород, особенно в центральных районах материка, во многих местах прогнулась ниже уровня моря. Аналогичный прогиб коры наблюдается и в Гренландии. То же должно было происходить и при оледенениях, исчезнувших теперь с поверхности Земли.

А если ледник исчезает, то земная кора начинает быстро подниматься, стремясь вновь занять положение равновесия. Так, около 10 000 лет назад после исчезновения ледника на севере Европы земная поверхность поднялась почти на 300 м. Этот подъем еще не закончился. На побережье Скандинавского полуострова во многих местах сохранились постройки, располагавшиеся когда-то на уровне моря, а теперь поднятые на много метров выше этого уровня. И сейчас внутренние районы Скандинавии поднимаются со скоростью около 1 см в год. Балтийское море, также как и Гудзонов залив, является «всего-навсего» остатком прогиба, возникшего под тяжестью ледниковой нагрузки. Для того чтобы нарушенное равновесие восстановилось полностью, необходим подъем коры еще на 100—150 м, т. е. через несколько десятков тысяч лет (срок ничтожный в геологическом масштабе времени) Балтийское море, вероятно, исчезнет с поверхности Земли.

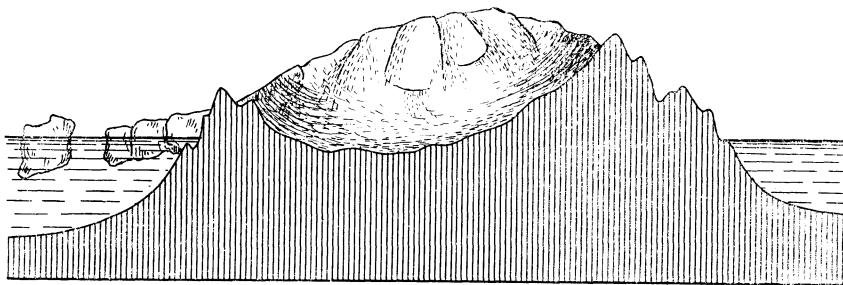
Хорошо изучена история движений земной коры во время отступления ледника и после его окончательного исчезновения в Канаде и, особенно, в Скандинавии. Удалось получить достаточно полную и подробную картину этих движений и оценить их скорость. В некоторых случаях скорость подъема земной коры после отступления ледника достигала 30—40 см в год, затем быстро убывала.

Как же осуществляется изостатическое равновесие? Геофизические данные указывают, что непосредственно под корой нет вещества, которое можно было бы отождествлять с

Строение земной коры на участке от Сан-Франциско до Скалистых гор (по сейсмическим данным). Рельеф и разрез выше уровня моря сильно схематизированы. На рисунке выделены гранитный и базальтовый слои (в которых резко различны скорости сейсмических волн), а также слой коромантийной смеси. В последнем благодаря заметным колебаниям мощности осуществляется, вероятно, изостатическое равновесие поверхностных слоев



Профиль земной коры в районе Гренландии (по 72° с. ш.). Под тяжестью ледника, мощность которого достигает 3 км, земная кора прогнулась. Профиль прогиба напоминает «ванну». Дно этой «ванны» — ниже уровня моря



жидким слоем, но на глубинах 100—200 км расположен слой, в котором температура близка к температуре плавления глубинного вещества при существующем там давлении. Интересно, что над этим слоем и под ним температура оказалась ниже температуры, которая необходима для плавления горных пород (с учетом других условий). Это обстоятельство позволяет высказывать предположение, что равновесие поверхностных слоев земного шара осуществляется именно в том слое, который может находиться в состоянии частичного расплавления. Этот слой называют астеносферой.

Основываясь на данных о послеледниковом поднятии в Скандинавии, советский физик Е. В. Артюшков оценил мощность размягченной оболочки и ее вязкость, а также вывел некоторые законы восстановления равновесия земной коры, нарушенного внешней нагрузкой. Оказалось, что вязкость астеносферы по крайней мере в 1000 раз меньше вязкости других слоев Земли. Стало понятным, почему внешняя нагрузка на земную кору легко компенсируется: происходит «перетекание» вещества в астеносфере. По-видимому, слой может выполнять и роль своеобразного амортизатора, благодаря которому мощные движения больших глубин доходят к поверхности Земли значительно ослабленными. Ведь движения земной коры, возникающие при наложении или снятии внешней нагрузки, — только частный случай восстановления ее нарушенного равновесия. Ос-

новная часть движений коры обусловлена процессами в глубоких недрах. Здесь мы встречаемся со множеством сложных и не решенных еще окончательного решения проблем.

Данные геологии свидетельствуют, что в прошлые эпохи на месте современных гор существовали глубокие морские бассейны. Доказано, что на территории некоторых современных морей в сравнительно недавнем геологическом прошлом располагались крупные участки суши и даже горные массивы. Если свойство земной коры стремиться к состоянию равновесия является правилом (а пока нет оснований в этом сомневаться), то в процессе ее перестройки где-то должны были исчезнуть корни существовавших некогда гор, а где-то на месте тонкой коры — возникнуть мощные корни современных горных сооружений. Как происходят эти процессы? Что их вызывает? Над решением этих вопросов работают сейчас ученые многих стран.

Изучение внутреннего строения Земли и происходящих в ней процессов позволит установить фундаментальные законы образования и размещения основных полезных ископаемых, предсказывать землетрясения и извержения вулканов, а также решать многие другие важные проблемы.

В. С. САФРОНОВ
доктор физико-
математических наук

ЛУННЫЕ МАСКОНЫ

Термина «масконы» читатель не найдет ни в каком словаре. Еще два года назад такого понятия вообще не было. А сейчас за ним скрывается одна из наиболее интересных загадок Луны.

Во время облета Луны американскими космическими аппаратами серии «Лунар Орбитер» было установлено, что ее гравитационное поле очень неравномерно. Обработав данные, полученные «Лунар Орбитером-5», П. Мюллер и В. Сьёгрэн (США) обнаружили усиление гравитационного поля над большими круглыми лунными морями — Морем Дождей, Ясности, Кризисов, Нектара, Влажности, Восточным и другими. На высоте 100 км над Морем Дождей ускорение силы тяжести оказалось выше нормального среднего значения на 230 миллигал! Подобные аномалии естественно связать с существованием в этих морях избыточных масс, которые были названы масконами, что сокращенно означает — концентрации массы (mass concentrations). Вычисления показали, что избыточная масса в Море Дождей должна составлять $2 \cdot 10^{-5}$ массы Луны.

Открытие масконов ставит перед исследователями Луны, по меньшей мере, две проблемы. Что такое масконы и как они образовались? Каковы должны быть на Луне условия, чтобы масконы могли сохраниться в течение длительного времени?

ГИПОТЕЗЫ О ПРИРОДЕ МАСКОНОВ

Многие специалисты считают, что большие лунные моря возникли в результате падения на Луну крупных планетезималей. Вероятнее всего, это произошло около 3 млрд. лет назад, в эпоху наибольшего разогрева Луны, когда ее твердая оболочка была наиболее тонкой. Падавшие тела образовывали гигантские кратеры, под которыми появлялись тре-

щины, простиравшиеся на значительную глубину. По этим разломам расплавленная лава проникала вверх и заполняла кратер. Иногда она выливалась через край, растекаясь по лунной поверхности.

Автору настоящей статьи удалось в 1962 г. оценить по наклонам осей вращения планет размеры самых крупных тел, участвовавших в образовании планет*. Оказалось, что наибольшие тела, падавшие на Землю, имели поперечники до нескольких сотен километров. В 1964—1965 гг. автор отметил, что падение крупных тел приводило к возникновению значительных неоднородностей в мантии Земли. Неоднородности могли быть связаны как с сильным нагреванием вещества в области удара, так и с образованием кратера, который впоследствии был заполнен веществом несколько иного состава. В оболочке Луны также могли возникать неоднородности, которые отличались от земных, поскольку физические условия на этих телах различны. Масконы — характерный пример таких неоднородностей на Луне.

Массы масконов, как показали расчеты, пропорциональны объемам кратеров. Но объем кратера в свою очередь пропорционален массе упавшего тела. Поэтому остается неясным, связаны ли масконы непосредственно с падавшими телами, или же с веществом, заполнившим впоследствии кратеры.

Итак, что же такое масконы? Рассмотрим некоторые гипотезы.

* В. С. Сафронов. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. «Наука», 1969 г. (Прим. ред.)



Карта Луны с аномалиями ее гравитационного поля. Над большими круглыми морями увеличение силы тяжести, согласно П. Мюллеру и В. Сьёгрёну, достигает 100—200 миллигал

Масконы — железоникелевые планетезимали. Эту гипотезу высказали Мюллер и Сьёгрён. Средний уровень морской поверхности на 1,4 км ниже среднего уровня континентальных областей. Следовательно, чтобы в морях был избыток массы, необходима более высокая плотность заполняющего их

вещества. Поэтому Мюллер и Сьёгрён, а затем и американский ученый Г. Юри предположили, что планетезимали, образовавшие моря, имели железоникелевый состав. Однако эта гипотеза весьма искусственна, так как возможность формирования в околоземном спутниковом рое крупных железоникелевых

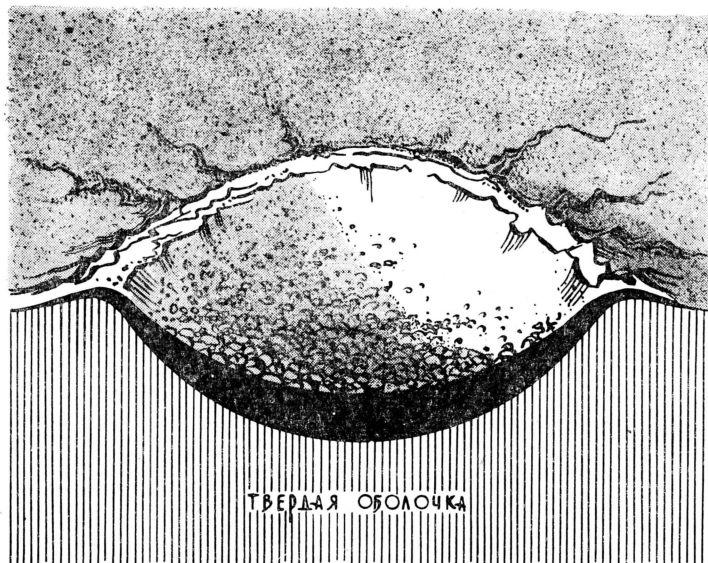


Схема маскона, избыточная масса которого создана более плотным веществом упавшей планетезимали (зачерненная область)

тел маловероятна. И тем более невероятно образование всех крупных лунных морей в результате падения подобных железоникелевых тел.

Масконы — толщи осадочных пород на месте древних морей. Представление о том, что масконы состоят из вещества упавших планетезималей, отвергает Дж. Гилвари

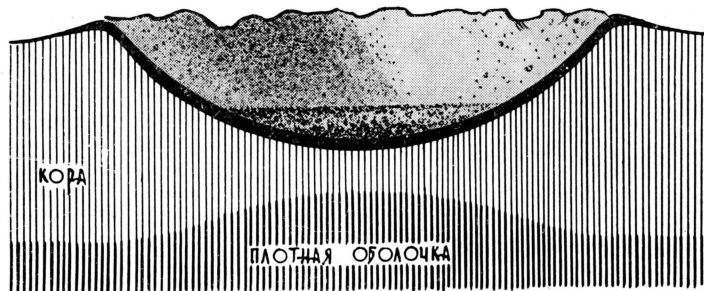
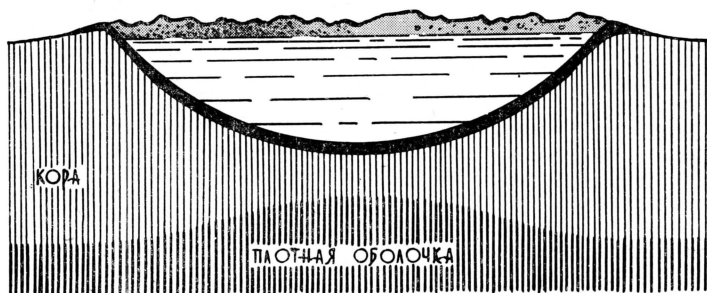


Схема образования маскона из толщи осадочных пород. Дно кратера, возникшего при ударе планетезимали, подверглось изостатическому поднятию. Затем кратер был заполнен водой, выделившейся из лунных недр (верхний рисунок). В дальнейшем вода испарилась, а принесенная ею осадочная порода осталась (нижний рисунок)

(США). Он считает, что массы тел, вызвавших образование морей, на порядок меньше масс масконов, оцененных по величине гравитационных аномалий. Гилвари пытается объяснить масконы на основе его давней идеи о том, что лунные моря когда-то были настоящими морями, похожими на земные. В раннюю эпоху существования Луны из ее недр выделилось большое количество летучих веществ и воды. Вода покрыла двухкилометровым слоем низкие места лунной поверхности. К этому времени уже существовали гигантские кратеры, образованные упавшими планетезималями. Дно кратеров было приподнято давлением нижележащих слоев, но даль-

ше дно не прогибалось, так как, по мнению Гилвари, первоначально нагретая Луна успела остыть и ее вещество восстановило свою прочность. Кратеры заполнила вода. Когда она испарилась, в них остался слой принесенных водой осадочных пород, сохранившихся до сих пор.

Однако эта гипотеза встречает серьезные возражения. Согласно расчетам автора этой статьи, время потери Луной двухкилометрового слоя воды (испарение и диссипация молекул) должно составлять не 1 млрд лет, как полагает Гилвари, а всего лишь около 1 млн лет. Поэтому на Луне жидкая вода могла бы существовать в течение короткого

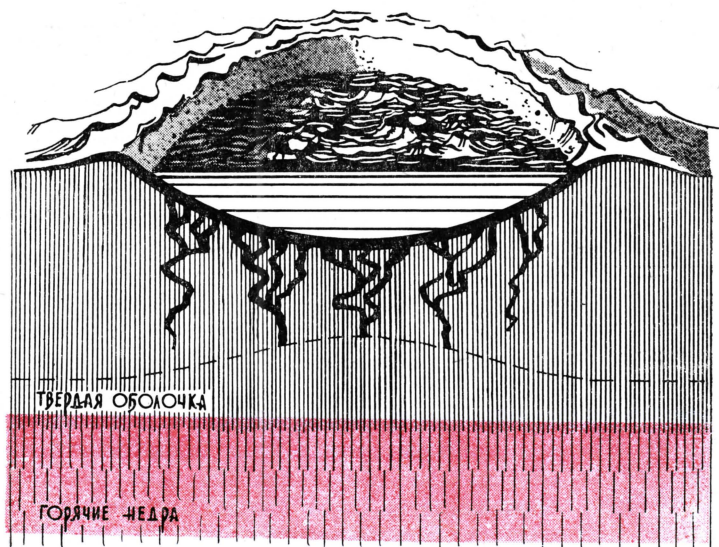
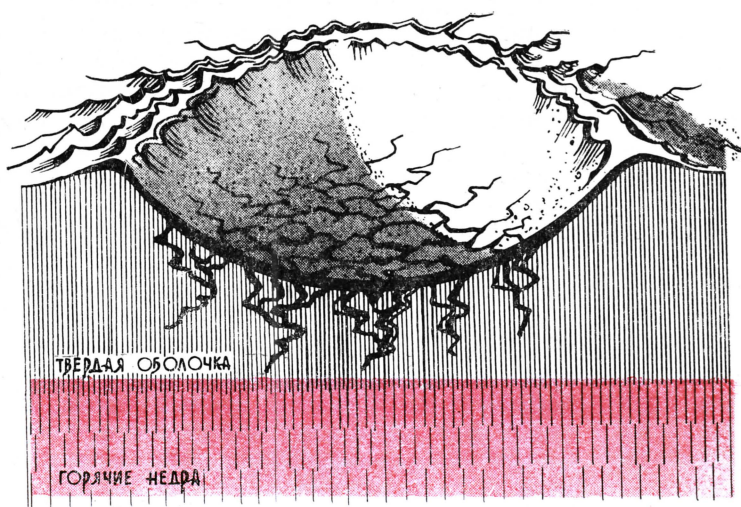


Схема образования маскона из лавы. Падение планетезимали привело к возникновению кратера (верхний рисунок). Через трещины в твердой оболочке из недр, находившихся в состоянии частичного расплавления, в кратер проникла лава и заполнила его. Первоначальное дно кратера при этом приподнялось, лава затвердела. С течением времени твердая оболочка стала толще (нижний рисунок)

времени (меньше 1 млн лет) и притом лишь в случае, если бы она выделилась из недр быстрее, чем за 1 млн лет. Но исследование тепловой истории Луны показывает, что значительное нагревание лунных недр радиоактивными элементами произошло примерно за 1 млрд лет. Столько же времени потребовалось для того, чтобы из недр выделились летучие вещества и вода. Эти соображения, высказанные автором статьи и Е. Л. Рускол в 1962 г., теперь подтверждены прямыми измерениями состава лунных пород. Таким образом, предположения Гилвари о размягченном начальном состоянии вещества наружного слоя Луны и его быстром затвердении не обоснованы.

Масконы — застывшая лава, изверженная из недр. Р. Болдуин (США) тоже не связывает избыточную массу масконов с веществом упавших планетезималей. Структура Моря Восточного свидетельствует, что образовавшая море планетезималь имела значительную скорость в момент удара о поверхность Луны. Большая часть вещества планетезимали при этом должна быть выброшена за пределы кратера. Между тем в Море Восточном такой же маскон, как и в других лунных морях. Болдуин полагает, что масконы — это области затвердевшей лавы, плотность которой выше плотности окружающих континентальных областей. Если разность плотностей равна $0,4 \text{ г/см}^3$, то избыточная масса близка к массам масконов, определенным по гравитационным аномалиям.

Эта точка зрения представляется наиболее правдоподобной.

ТРУДНОСТИ НЕИЗОСТАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАСКОНОВ

Во всех перечисленных гипотезах предполагается, что масконы — это области с неуравновешенным избытком массы. Могли ли на Луне сохраниться подобные области?

Если твердая оболочка Луны имеет малую прочность и способна прогибаться под действием сил тяготения, то Луна должна находиться в состоянии изостатического равновесия. Равновесие здесь можно понимать буквально как равный вес, т. е. вес вещества в столбе сечением 1 см^2 от центра Луны до поверхности должен быть одинаковым вдоль любого радиуса *. Подоб-

но чашам весов, столб с более тяжелым веществом будет опускаться вниз, а с более легким — подниматься вверх, пока вес не станет одинаковым. Там, где вещество плотнее, уровень поверхности располагается ниже. Именно по этой причине форма небесных тел шарообразная (одинаковая плотность и одинаковая высота столба). По той же причине горы на Земле возвышаются над равнинами (горные породы легче вещества земной оболочки), а айсберги — над поверхностью моря (лед легче воды).

Усиление гравитационного поля над масконами означает, что в этих областях есть дополнительные массы. Но для существования изостатически неуравновешенных дополнительных масс необходима высокая прочность вещества Луны. Следовательно, вещество должно быть твердым, и потому достаточно холодным. Это условие очень трудно совместить с фактом излияния больших количеств расплавленной лавы на огромных территориях лунных морей. Чтобы устранить эту трудность, Юри выдвинул гипотезу, согласно которой Луна была холодным твердым телом в течение всего времени существования морских бассейнов, и в ее недрах никогда не было жидкой базальтовой лавы. Юри полагал, что базальтовое вещество образовалось непосредственно на поверхности твердой Луны вследствие ее нагревания каким-то внешним источником тепла. Однако исследования образцов лунных пород, доставленных на Землю американскими космонавтами, заставили Юри отказаться от этой идеи.

Изучение термической истории Луны показывает, что лунные моря заполнены лавой, проникшей из недр Луны. Согласно расчетам С. В. Маевой, уже через 1—2 млрд. лет после своего образования Луна в результате выделения радиоактивного тепла настолько нагрелась, что частично вещество в ее недрах должно было расплавиться. Толщина твердой оболочки в это время составляла лишь около сотни километров. Вместе с расплавами вверх поднялись и радиоактивные элементы. Затем Луна стала остывать и толщина ее твердой оболочки увеличилась до нескольких сотен километров.

Размеры лунных морей существенно больше толщины твердой оболочки. А в этом случае должно происходить эффективное изостатическое выравнивание. Дно бассейна, образованного после падения планетезимали, подвергалось значительному поднятию. Одновременно бассейн заполнялся проникавшей через трещины лавой, и в нем установилось

* Подробнее см. в этом номере журнала: М. Е. Артемьев. Изостазия. (Прим. ред.)

полное изостатическое равновесие. При затвердевании лавы ее объем уменьшался, а уровень поверхности понижался. Если разность плотностей твердой и жидкой лавы составляет $0,4 \text{ г/см}^3$, то понижение уровня на $1\text{--}1,5 \text{ км}$ соответствует толщине застывшего слоя около 10 км . Когда твердый слой у поверхности стал достаточно толстым, он начал оказывать сопротивление дальнейшему прогибанию, так что при затвердевании и уплотнении более глубоких слоев возникали «пустоты», которые заполнялись веществом, поступавшим снизу, образуя изостатически неуравновешенный избыток массы. Однако чем больше линейные размеры области, тем труднее создать отклонения от изостазии.

Если вещество Луны рассматривать как очень вязкую жидкость, то по формулам гидродинамики можно оценить время восстановления изостатического равновесия. В области с поперечником, равным размеру центрального бассейна Моря Дождей (около 680 км), изостатическое выравнивание произойдет за 1 млрд лет даже при высоком значении вязкости — 10^{25} пуаз , характерном для наиболее прочных верхних слоев Земли. Скорость движения вещества определяется средней вязкостью в слое, толщина которого порядка поперечника Моря Дождей. Средняя вязкость такого слоя, по-видимому, существенно ниже 10^{25} пуаз , поэтому выравнивание должно происходить не за 1 млрд лет, а быстрее. Это подтверждается и тем, что дно успело значительно подняться и в кратерах меньших размеров, хотя время изостатического выравнивания пропорционально линейным размерам.

Но твердое вещество Луны (и Земли) можно рассматривать как вязкую жидкость лишь при больших нагрузках. Если же нагрузка меньше некоторого предельного значения (порога прочности), то вещество уже не течет, а лишь подвергается сравнитель-

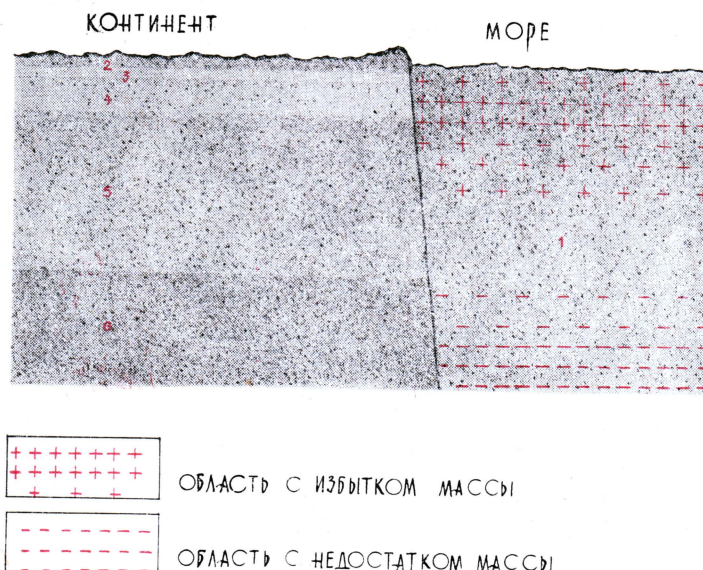
но небольшой упругой деформации. Однако надежных данных о величине порога прочности нет. Болдуин, считая, что во всех кратерах поперечником более $15\text{--}20 \text{ км}$ дно приподнималось вследствие частичного изостатического выравнивания, получил порог прочности лунного вещества вблизи поверхности равным $30\text{--}50 \text{ кг/см}^2$. В то же время некоторые исследователи, основываясь на лабораторных данных, принимают для порога прочности холодных твердых пород значение около 1000 кг/см^2 . Если допустить, что избыточная масса маскона в Море Дождей, как полагает Б. О'Лири, составляет $4,3 \cdot 10^{-5}$ массы Луны (т. е. в 2 раза больше, чем по Мюллеру и Сьёгрену), то такая масса создает на глубине, равной радиусу моря (340 км), напряжения, почти вдвое превышающие порог прочности, найденный Болдуином. А между тем из-за более высокой температуры прочность вещества на больших глубинах должна быть ниже, чем у поверхности.

Если толщина твердой оболочки невелика, $300\text{--}400 \text{ км}$ (что, по-видимому, наиболее вероятно), то в больших лунных морях должно было произойти изостатическое выравнивание, и поэтому в них не могли сохраниться протяженные области с неуравновешенным избытком массы.

ИЗОСТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАСКОНА

При изостатическом равновесии не должно быть больших напряжений глубже $200\text{--}300 \text{ км}$. Следовательно, предполагаемый вблизи поверхности избыток плотности компенсируется соответствующим недостатком плотности на глубине около $100\text{--}150 \text{ км}$. Ниже этого уровня напряжения не достигают порога прочности, а выше — остаются большими, но и прочность вещества там достаточно высока.

Изостатическая модель маскона:
1 — твердая базальтовая лава; 2 — поверхностный слой, подвергавшийся многократному рыхлению метеоритными ударами; 3 — слой с примесью льда; 4 — слой с примесью воды; 3, 4, 5 — слои, содержащие гидратированные минералы и примеси различных летучих веществ; 6 — слой, имеющий средний состав Луны. Вблизи поверхности морские области имеют избыток плотности (и массы) по сравнению с соседними континентальными областями, а на глубинах $100\text{--}200 \text{ км}$, наоборот, — недостаток плотности



Такую же модель маскона подсказывает и рассмотрение физических условий в оболочке Луны. Большинство специалистов считают, что континентальные области Луны, в отличие от земных континентов, представляют собой не изверженные породы, а недифференцированное первичное вещество, никогда не подвергавшееся расплавлению. Этот вывод согласуется с более низкой радиоактивностью континентальных областей на Луне, обнаруженной советской автоматической станцией «Луна-10».

В континентальных областях самый верхний относительно тонкий слой, многократно взрыхленный ударами тел различных размеров, довольно пористый. Находящийся под ним слой толщиной около десятка километров вследствие низкой температуры*, вероятно, содержит большое количество летучих веществ и, прежде всего, воды (в твердом состоянии, в составе гидратированных минералов и даже в жидком виде), которые постепенно проникали из горячих глубоких слоев. Вверху плотность этого слоя в континентальных областях может быть низкой — около 2 г/см^3 . Плотность твердой базальтовой лавы примерно 3 г/см^3 . Таким образом, на глубине десятка километров морские области должны иметь значительный избыток плотности по сравнению с континентальными областями. Этот избыток постепенно уменьшается с глубиной. На глубине около 100—200 км картина обратная: в континентальных областях плотность вещества близка к средней плотности Луны ($3,34 \text{ г/см}^3$), а в морских областях твердая лава имеет практически ту же плотность, что и наверху — около 3 г/см^3 , т. е. более низкую, чем вещество континентов на той же глубине.

ДИНАМИЧЕСКОЕ СЖАТИЕ ЛУНЫ

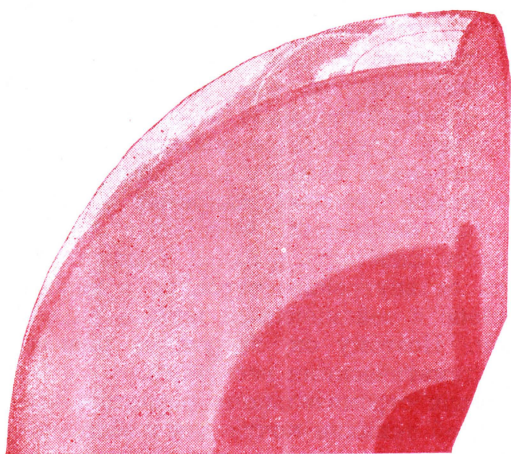
О'Лири обратил внимание на то, что масконы расположены не равномерно по всей поверхности, а преимущественно вблизи экваториальной области. Если массы масконов вдвое больше значений, найденных Мюллером и Сьёргеном, то с помощью маско-

* Температура непосредственно под поверхностью Луны составляет $-30 \div -40^\circ \text{C}$.

нов можно, как считает О'Лири, объяснить полярное сжатие Луны. Сжатие, определенное по закономерностям движения Луны, характеризуется не различием экваториального и полярного радиусов Луны, а различием соответствующих моментов инерции. Поэтому оно называется динамическим сжатием. В изостатической модели маскона дополнительный слой с недостатком массы значительно уменьшает момент инерции маскона относительно оси вращения Луны. Сжатие Луны, обусловленное масконами, оказывается в несколько раз меньше наблюдаемого. Следовательно, открытие масконов не снимает проблемы динамической фигуры Луны.

Б. Ю. Левин предложил другое объяснение динамического сжатия Луны. Он считает, что сжатие связано с различием температуры лунной оболочки на экваторе и на полюсах. В более холодных полярных районах твердая оболочка должна быть толще, а так как она имеет большую плотность, чем нижележащее расплавленное вещество, то полярный радиус должен быть меньше экваториального. Расчеты автора статьи подтвердили эти соображения. Луна может иметь наблюдаемое динамическое сжатие, находясь в состоянии изостатического равновесия. Этот вывод остается в силе и после открытия на Луне масконов.

Изучение Луны и ближайших к Земле планет с помощью космических станций и кораблей дает много ценных сведений, позволяя постичь тайны строения небесных тел. Вместе с тем, такие исследования ставят перед учеными новые вопросы, решение которых ведет к все более глубокому проникновению в сущность явлений и процессов, происходящих в небесных телах. Исследования планет, начавшиеся с простых наблюдений, неизбежно оказываются тесно связанными с изучением эволюции и происхождения тел солнечной системы. Лунные масконы — один из примеров, иллюстрирующих эту общую тенденцию развития астрономии на современном этапе.



Моделирование верхней мантии Земли

Хребтами горбились породы,
Взрывались, плавились, кипя.
И миллионы лет природа
Лепила самое себя.

(С. Щипачев)

Миллионы лет испытывал земной шар чрезвычайно сложные и разнообразные превращения. Шло горообразование, формировались материки и океаны. В результате поверхность земного шара приобрела современные черты, которые она в основном сохраняет последние десятки тысяч лет.

Однако процессы, происходившие на поверхности Земли, были лишь отражением ее внутренней жизни. Внутри Земля кипела и бурлила. Обе современные теории происхождения Земли как «горячим», так и «холодным способом» допускают, что в ее развитии был период сильного разогрева вплоть до частичного расплавления. В движение пришли огромные массы вещества: более тяжелые опускались, более легкие поднимались, «всплывали» к поверхности — происходила дифференциация вещества по плотности (предполагают, что этот процесс продолжается и в настоящее время, но замедленными темпами). Расслоение материала Земли привело к формированию твердой кристаллической коры, более пластичной (а местами, возможно, и расплавленной) мантии и металлического (а может быть, и силикатного) ядра, внутренняя часть которого находится, по-видимому, в жидком состоянии.

Не случайно в предыдущей фразе столько «по-видимому» и «может быть». Ведь все наши знания о веществе земных недр основаны на косвенных данных, порой весьма противоречивых, а потому они — лишь более или менее правдоподобные гипотезы.

Ни ты, ни кто другой не знает достоверно, что происходит внутри земного шара, так как изучена едва только двенадцатитысячная часть его радиуса.

(Жюль Верн «Путешествие к центру Земли»)

Свой роман «Путешествие к центру Земли» Жюль Верн написал в 1864 г. В то время непосредственному изучению поддавался только самый верхний, полукилометровый слой Земли (одна двенадцатитысячная земного радиуса — около 0,525 км). Сейчас, располагая мощными буровыми установками, мы продвинулись в глубь планеты на 7 — 8 км, т. е. на порядок глубже, чем 100 лет назад. Но все равно это ничтожно малая

глубина. Между тем самые интересные, жизненно важные для человека процессы подготавливаются вовсе не у поверхности Земли, а в ее недрах, в первую очередь в верхней мантии, простирающейся от подошвы земной коры до глубин порядка 500 км. Именно здесь и осуществляется «режиссура спектаклей», разыгрываемых наверху. Здесь, в верхней мантии, следует искать причины современных движений земной коры, источники сил, вызывающих землетрясения и извержения вулканов. Отсюда же поступают в земную кору полезные ископаемые.

Верхняя мантия ставит больше проблем и дает повод к большим спорам между специалистами, чем самые глубокие области Земли. Но, пожалуй, наиболее спорный вопрос — существование волновода. Волноводом называют слой, в котором упругость вещества и скорости распространения упругих волн имеют значения меньшие, чем в окружающей среде. Волновод способен проводить волны на значительные расстояния (отсюда его название).

В 1942 г. известный американский геофизик Б. Гутенберг высказал впервые гипотезу о существовании волновода в верхней мантии. Дискуссия по этому вопросу не прекращается и по сей день. Проблема существования волновода интересует всех специалистов, изучающих земные недра, и это понятно, так как ее решение поможет разгадать механизм физических процессов, происходящих в верхней мантии. Теоретически волновод может существовать. Физики обосновали это достаточно убедительно. Дело сейсмологов теперь доказать то же сейсмическими наблюдениями. Экспериментальных материалов много, но пока они свидетельствуют и «за» и «против»...

Сейсмология дает нам наиболее доступные и разнообразные сведения о строении Земли*. Сейсмограммы — записи упругих волн, вызванных землетрясением или взрывом, — содержат данные о времени вступления, амплитудах и периодах колебаний. Эти данные позволяют не только восстановить картину распространения волн в недрах Земли, но судить также о свойствах вещества на их пути.

* См. Ю. В. Ризниченко. Почему сейсмология? «Земля и Вселенная», № 4, 5, 1969 г.

Сейсмолог разгадал уже не одну загадку строения Земли и сил, которые помогают ее формированию. В научно-популярных статьях часто сравнивают его с врачом, прослушивающим пациента стетоскопом. На наш взгляд, более интересным является не столько сходство в методе наблюдений, сколько различие в методике интерпретации полученных результатов. Для того чтобы врач мог поставить диагноз, ему необходим весь тот опыт, который накопила медицина путем сопоставления результатов наблюдений пациента с непосредственным изучением пораженного органа «in situ», например при хирургических операциях. Сейсмолог лишен возможности заглянуть в недра Земли и сопоставить ее внутреннее строение в каком-либо районе с сейсмическим шумом на поверхности. Поэтому он вынужден пользоваться математическими расчетами.

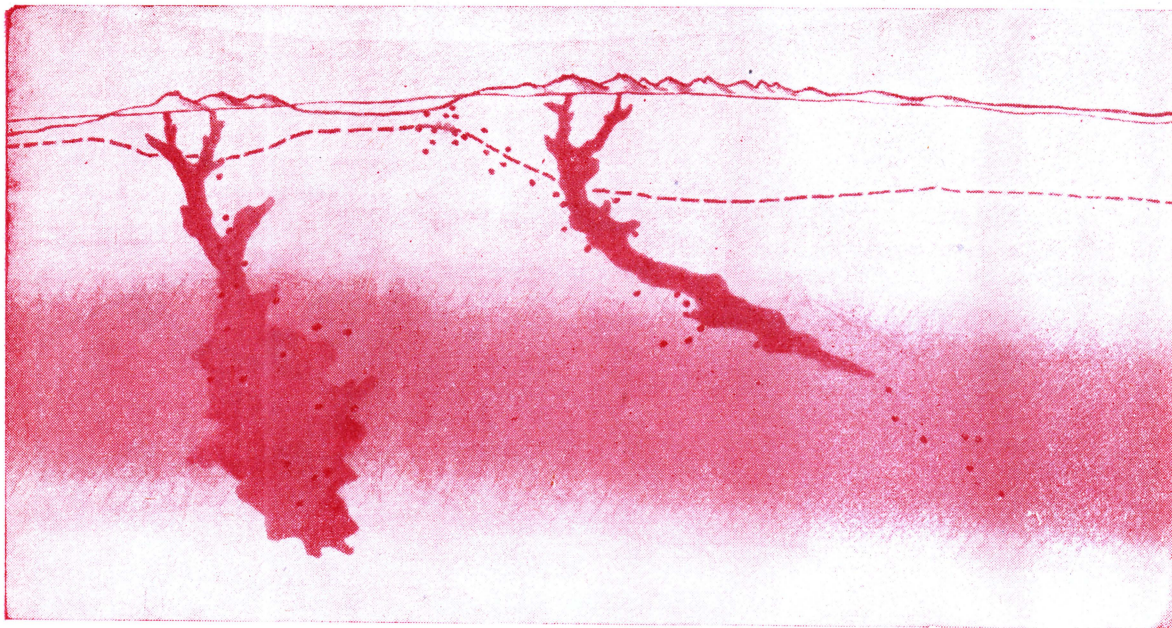
Благодаря стремительному развитию вычислительной техники почти для любого наперед заданного строения среды сейчас можно рассчитать время вступления, амплитуду и форму сейсмических волн, излученных источником, и сопоставить их с наблюдаемыми. Исключения представляют случаи, когда волны распространяются в среде вопреки законам геометрической сейсмики (аналога геометрической оптики). Например, если есть волновод. Тогда математическим путем получить точное решение невозможно, и на помощь приходит моделирование.

Опыт, или эксперимент, — это вопрос, который мы задаем природе, и она всегда готова дать нам правдивый ответ, если только мы правильно ставим вопрос, т. е. если мы умеем произвести надлежащий опыт.

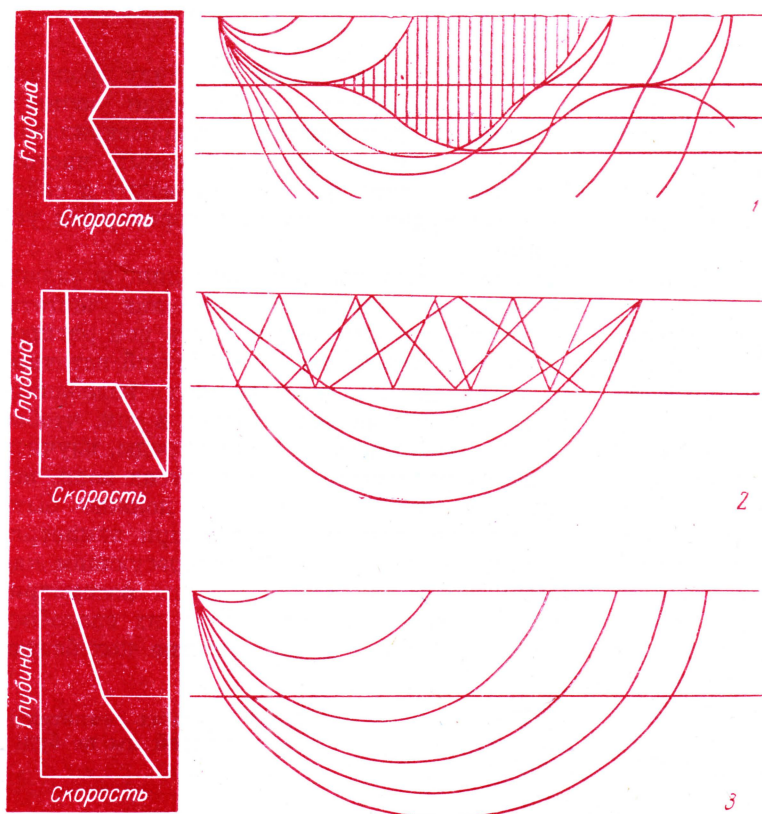
(Ч. Бойс «Мыльные пузыри»)

Сейсмические модели помогают найти приближенные решения, а приближенные решения почти так же необходимы, как и точные. К тому же сейсмическая модель наглядно иллюстрирует результаты модельными сейсмограммами.

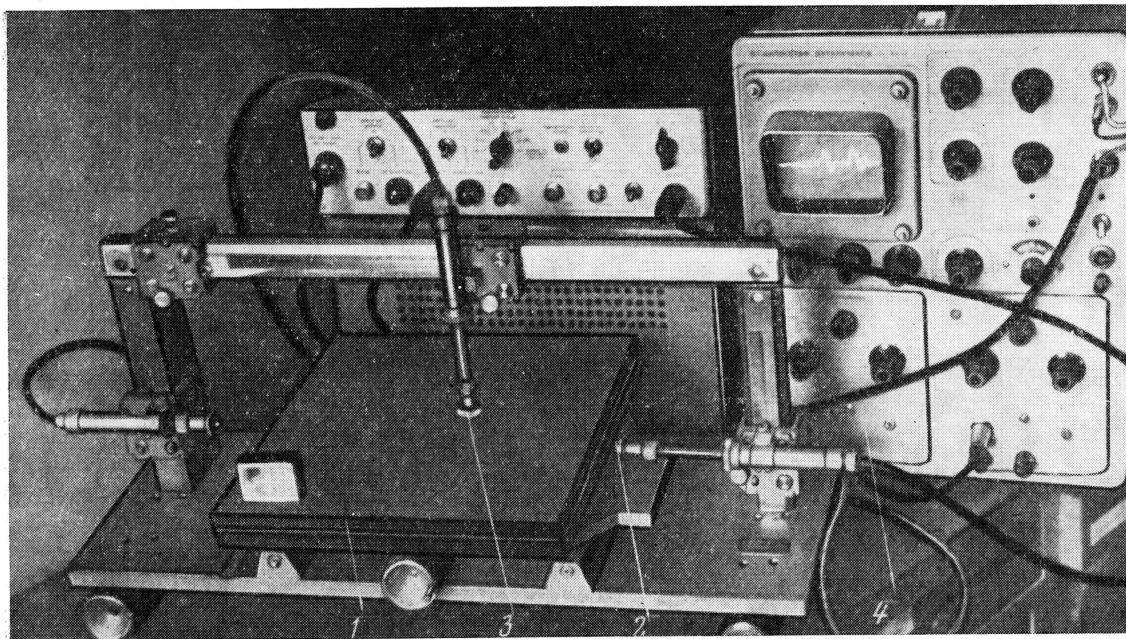
Процесс сейсмического моделирования заключается в следующем. Из искусственных или естественных материалов строится модель Земли или какой-либо ее части, с соблюдением геометрического подобия и подобия в поведении скоростей сейсмических волн



Глубинный разрез верхней части Земли. Темная горизонтальная полоса на рисунке — область предполагаемого волновода. Пунктирной линией обозначена граница Мохоровичича, а точками — очаги землетрясений. На рисунке также показаны очаги магмы



Классические схемы строения верхней мантии Земли. Волновод в схеме Б. Гутенберга (1) — слой, в котором скорость упругих продольных волн плавно уменьшается до определенной глубины, а затем плавно увеличивается. Лучи в волноводе непрерывно искривляются. Только очень круто падающие волны проникают волновод насквозь, все другие «застревают» в нем. Они выносятся относительно оси волновода, отдавая окружающей среде лишь незначительную часть своей энергии, и поэтому способны распространяться на далекое расстояние. Согласно схеме И. Леман (2), примерно на тех же глубинах расположен слой, в котором скорость имеет меньшее, чем в окружающей среде, но постоянное значение. Свойствами волновода в полной мере такой слой не обладает, но благодаря многократным отражениям волн от границ слоя со средой, в нем сохраняется некоторая часть энергии. В схеме Г. Джеффриса (3) слои с какими-либо волноводными свойствами вообще исключаются. Скорость неуклонно возрастает с глубиной: сначала медленно, а начиная с глубины около 200 км — быстрее



Установка для моделирования: 1 — модель (представление о ее размерах дает спичечная коробка), 2 — источник сейсмических волн, 3 — приемник сейсмических волн (аналог сейсмографа), 4 — прибор для регистрации (на экране электронно-лучевой трубки видна форма сигнала).

(или других заданных параметров: поглощения, пористости и т. п.). Размеры моделей обычно не превышают 1—1,5 м; в последние годы получили развитие микромодели размерами в несколько десятков сантиметров.

Размеры моделей и характер моделируемого объекта определяют масштаб моделирования: 1 см в модели может соответствовать, например, 10 или 100 км в реальной среде. В зависимости от свойств материала модели, скорости сейсмических волн в ней могут быть равны или много меньше соответствующих скоростей в Земле.

Масштаб моделирования и скорости волн определяют длины сейсмических волн (или частоты сейсмических колебаний), которые должны распространяться в модели. Если в природе длины сейсмических волн изменяются от нескольких десятков километров до нескольких километров, то при моделировании в соответствии с масштабом модели они должны быть порядка нескольких сантиметров или миллиметров. Точно также периоды колебаний, которые в естественных условиях изменяются от десятых долей секунды до

нескольких секунд (имеются в виду продольные и поперечные сейсмические волны), в модели измеряются микросекундами. Это — уже область ультразвуковых частот, и именно на этих частотах проводится сейсмическое моделирование в лабораторных условиях.

Построив модель, воспроизводящую заданное строение среды, и определив частоты колебаний, которым надлежит в ней распространяться, переходят к вопросу об источнике возбуждения сейсмических колебаний. Поскольку задача заключается в том, чтобы, создав определенное строение среды, изучить в модели распространение упругих волн, источником их не обязательно должно быть разрушение, как это бывает при землетрясениях или взрывах*. В интересующем нас случае землетрясения и взрывы рассматриваются только с точки зрения их способности возбуждать в среде упругие колебания.

* Моделирование процессов в очагах землетрясений — совсем другая задача, которой мы не будем касаться.

Упругие колебания в модели может вызвать обычный механический удар. При ультразвуковом моделировании чаще всего используются пьезоэлектрические излучатели; прием упругих колебаний ведется с помощью пьезоэлектрических сейсмографов.

Излучатель устанавливают на поверхности модели (если имитируется взрыв) или внутри нее (если имитируется землетрясение). Короткий электрический импульс преобразуется в механический удар, возбуждающий упругие колебания. Распространяясь, упругие волны достигают поверхности модели и вновь преобразуются приемником в электрический сигнал. Этот сигнал можно не только наблюдать на экране электроннолучевой трубки, но и фотографировать. Так получают «сейсмограммы», аналогичные обычным. Модельные сейсмограммы, соответствующие различным расстояниям от излучателя, дают возможность уверенно интерпретировать наблюдаемую волновую картину.

Результаты обработки модельных сейсмограмм представляются в виде таких же графиков, как и результаты сейсмологических наблюдений. Поскольку строение среды, воспроизведенной на модели, заведомо известно, то в итоге можно каждый моделируемый тип строения сопоставить с зависимостью времени вступления, амплитуды и периода волн от расстояния до источника или от его глубины.

Это и есть решение прямой задачи геофизики. Следующий, конечный этап — использование полученных результатов для решения обратной задачи — задачи о строении Земли по сейсмологическим данным.

Дело не в дороге, которую мы выбираем; то, что внутри нас, заставляет нас выбирать дорогу...

(О'Генри «Дороги, которые мы выбираем»)

При сейсмическом моделировании возможны два различных подхода к решению задачи о строении Земли. При одном подходе — «от природы к модели» — за основу берутся сейсмологические характеристики волн от землетрясений и взрывов и делаются разумные предположения о типе скоростного глубинного разреза, который может объяснить

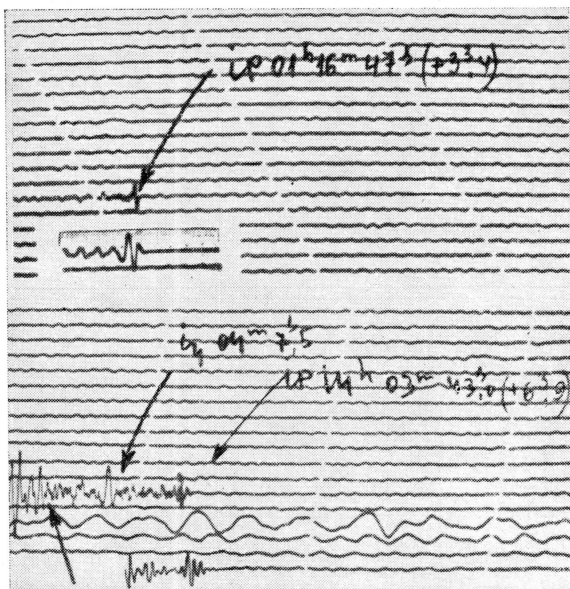
наблюдаемые особенности. Далее строятся несколько моделей со скоростным разрезом этого типа, но различающиеся в деталях. Сравнительный анализ характеристик волн позволяет выбрать ту модель, в которой изученные закономерности наилучшим образом совпадают с наблюдаемыми. Именно она и будет отражать с наибольшей степенью вероятности строение Земли на соответствующих глубинах.

Такой подход был использован, например, чешскими учеными (И. Ванек, Л. Вапник, З. Просс) для изучения глубинного строения в Юго-Восточной Европе. Характер амплитудной кривой, полученной при сейсмологических наблюдениях, позволяет предполагать, что на некоторой глубине в этом районе есть волновод, а ниже расположена граница, на которой изменяется степень возрастания скорости продольных волн с глубиной. В соответствии с этим предположением были изучены амплитудные кривые на трех моделях, воспроизводящих в различной комбинации волновод и указанную границу. В результате был сделан вывод, что в Юго-Восточной Европе на глубинах от 100 до 200 км существует волновод, а ниже, на глубине около 400 км — нерезкая граница.

Другой подход — «от модели к натуре» — свойствен скорее физике, чем сейсмологии. Он заключается в том, что моделируются принципиально различные, но допустимые типы скоростного разреза среды и устанавливаются кинематические и динамические особенности волн, характерные для этих типов. Следующий этап — отыскание выявленных признаков при наблюдениях в природных условиях. Модельные исследования подсказывают путь, по которому надо вести обработку сейсмологического материала, чтобы найти самые убедительные доказательства в пользу того или иного скоростного разреза.

В Институте физики Земли АН СССР при исследовании с помощью моделирования строения верхней мантии был выбран подход «от модели к натуре».

Существуют три классические схемы строения верхней мантии: Б. Гутенберга, И. Леман и Г. Джеффриса. Распределения скоростей продольных волн по глубине, полученные другими сейсмологами, являются, как правило, вариациями указанных схем. К противоречивым заключениям о строении Земли сейсмологов приводит неоднозначная интерпретация записей волн от землетрясений и взрывов. Это связано как со сложностью самой записи, так и с отсутствием на-



Сейсмограммы Гиндукушских землетрясений: на верхней сейсмограмме — запись землетрясения 17 мая 1956 г., глубина очага 190 км, эпицентрального расстояние 925 км (под волноводом); на нижней — запись землетрясения 3 июля 1955 г., глубина очага 80 км (вблизи верхней границы волновода), эпицентрального расстояние 875 м. На врезках — модельные сейсмограммы, полученные в «волноводной» модели при глубинах источника, соответствующих реальным

дежных критериев распознавания различных типов скоростного строения среды, в частности волноводов. Каковы эти критерии? Модельные исследования должны были ответить на этот вопрос.

Были изготовлены три модели, воспроизводящие строение верхней мантии (по Б. Гутенбергу, И. Леман и Г. Джеффрису). Модели готовились из эпоксидной смолы, в которую добавлялся пылевидный кварцевый песок. В зависимости от количества песка изменялась скорость упругих волн в смеси после ее затвердевания. Чем больше песка, тем больше скорость волн, коэффициент Пуассона и плотность материала, т. е. увеличивая количество песка в смеси, мы моделировали все более глубокие слои Земли.

Каждая модель представляла собой пачку очень тонких слоев (1,0—0,5 мм) различного состава, в которых скорость (и другие параметры) медленно изменялась от слоя к слою в соответствии с заданным законом.

Процесс изготовления таких слоев очень похож на выпечку блинов. Смоляное тесто наливается в форму тонким слоем и, как блин на сковородке, выпекается при температуре около 100° в сушильной печи. Чтобы избежать «ноздреватости», свойственной настоящим блинам, тесто предварительно вакуумируется, благодаря чему из него удаляются пузырьки воздуха. Каждый последующий слой наливается на предыдущий, поэтому все они крепко спаяны между собой и представляют монолит. Общие размеры моделей $250 \times 100 \times 100$ мм — 1 мм в модели равен 10 км в реальной среде. Поскольку моделировались расстояния не более 3000 км на поверхности Земли, ее кривизну можно было не учитывать, и поэтому поверхность модели была плоской. Чтобы моделировать различную глубину очага землетрясения, излучатель устанавливался на боковой стенке модели на разной высоте. Приемник всегда находился на поверхности модели, подобно сейсмической станции, расположенной на поверхности Земли.

На модельных сейсмограммах исследовалось поведение первых вступлений сейсмических колебаний: время прихода и амплитуда, а также их изменение с удалением от источника при различной его глубине. Детальный анализ полученных результатов показал, что волновая картина в модели Гутенберга обладает рядом особенностей, которые позволяют отличить ее от моделей Леман и Джеффриса. Эти особенности, как стало ясно из дальнейших опытов, вообще характерны для волноводного строения среды и могут служить для распознавания волновода в природных условиях. Характерная особенность волновода — хорошо выраженный минимум амплитуд при удалении приемника от источника. Это «зона тени». Ее существование объясняется «захватом» сейсмической энергии волноводом. Минимум амплитуд в зоне тени наиболее резкий при источнике, находящемся на оси волновода. Это самый сильный и надежный признак волновода: его нет ни в модели Джеффриса, где вообще амплитуда плавно убывает с расстоянием, ни в модели Леман, где наблюдается нечто, похожее на зону тени.

Следует, однако, заметить, что зона тени возникает лишь в том случае, если длины волн, распространяющихся в среде, соизмеримы с толщиной волновода. В противном случае волны просто «пренебрегут» его существованием и будут распространяться так, как если бы скорость упругих волн непрерывно увеличивалась с глубиной. Модельные

эксперименты показывают, что такое «пребрежительное» отношение к волноводу начинается, если и длина волны превышает его размеры более чем в 2 раза. Таким образом, поведение амплитуд сейсмических волн различной длины при изменении глубины очага помогает не только обнаружить волновод, но и оценить его размеры.

Критерии, полученные экспериментально, использовались для обнаружения волновода в верхней мантии на территории Средней Азии. Этот район был очень удобен для построения требуемых амплитудных зависимостей, так как очаги Гиндукушских землетрясений расположены во всем диапазоне глубин от земной коры до 300 км. Кроме того, целый ряд сейсмических станций находится как раз в пределах тех расстояний, где должна была бы наблюдаться зона тени.

Измерив амплитуду продольных волн на различных сейсмических станциях для различных землетрясений, мы построили графи-

ки зависимости амплитуды от глубины очага. После сравнения полученных графиков с модельными стало ясно, что хорошее совпадение получается только для «волноводной модели». При этом форма колебаний на полевых и модельных сейсмограммах также оказалась удивительно похожей. Эти результаты еще не дают количественной оценки поведения скоростей с глубиной, но качественная сторона явлений не оставляет сомнения — волновод в верхней мантии здесь существует. Глубина оси волновода по модельным данным получилась около 160—170 км, что не противоречит наблюдениям сейсмологов. Эти результаты хорошо согласуются с результатами чешских геофизиков для Юго-Восточной Европы. Остается открытым вопрос: простирается ли волновод непрерывно от Европы до Азии или где-то прерывается?

О. Г. ШАМИНА
кандидат физико-математических наук



ОСОБЕННОСТИ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК

Как известно, сейфертовскими называют спиральные галактики с очень ярким голубым ядром, из которого выбрасываются со скоростями до нескольких тысяч километров в секунду большие массы газа. Сейфертовские галактики встречаются довольно редко, и исследовать удалось лишь некоторые из них.

Советские астрономы Э. А. Дибай, Г. В. Зайцева и В. М. Лютый провели наблюдения восьми сейфертовских галактик. Используя эти наблюдения, Э. А. Дибай и А. В. Засов выявили две интересные особенности этих галактик. Оказалось, что некоторые характеристики ядер, например их светимость, зависят от суммарной светимости и массы всех звезд галактики. Поскольку и светимость, и тем более масса галактик меняются очень медленно, приходится считать, что активность ядер приблизительно пос-

тоянна в течение того времени, пока спиральная галактика является сейфертовской. Разумеется, это не исключает быстрых колебаний уровня активности ядер или медленных изменений, но с небольшой амплитудой.

Вторая особенность связана с цветом галактик. Считалось, что центральные области сейфертовских галактик голубее центральных областей нормальных галактик только потому, что у них в центре находится яркое голубое ядро. Наблюдения показали, что сейфертовские галактики останутся голубее нормальных, даже если исключить блеск их ядра. Голубое свечение зарегистрировано на расстоянии около $1/5$ радиуса галактики от ее центра. Природа голубого свечения еще не выяснена, но, вероятнее всего, оно не связано со звездами. Возможно, голубое свечение вызвано присутствием в центральных областях сейфертовских галактик горячего газа, которого там в десятки раз больше, чем в тех же областях у нормальных галактик.

«Астрономический журнал», 47, 1, 1970.

ГАЛАКТИКА, МЕНЯЮЩАЯ БЛЕСК

В 1967 г. было обнаружено, что у галактики 3С 371 меняется светимость. Расстояние до нее около 500 млн. световых лет. На фотографиях галактика выглядит несколько необычно — как звезда, окруженная слабой волокнистой структурой. Астрономы относят ее к галактикам N-типа, для которых характерно яркое ядро и мощное радиоизлучение. П. Ушер, Р. Кеннон и М. Пенстон, работающие в настоящее время в Австралии и США, исследовали большое количество фотографий галактики 3С 371, сделанных в различных странах (в том числе и в России) с 1895 по 1967 г. Измерения блеска показали, что светимость галактики в 1930 г. уменьшилась в 2—3 раза по сравнению с 1895 г., а после 1930 г. снова начала медленно возрастать. Не исключена возможность кратковременных изменений блеска со значительной амплитудой. Разумеется, переменность блеска связана не со всей галактикой а с ее маленьким и ярким ядром.

«Observatory», 89, 1969, 198

В. П. ЦЕСЕВИЧ
профессор

Звезды типа RR Лиры

Звезды типа RR Лиры принадлежат к весьма многочисленной группе переменных звезд нашей Галактики. Эти быстро пульсирующие звезды все еще остаются загадочными.

Впервые такие звезды обнаружил в конце прошлого столетия гарвардский астроном С. Бэйли. Он нашел их в шаровых звездных скоплениях. Позднее открыли первую переменную звезду этого типа, принадлежащую общему галактическому полю, — RR Лиры, именем которой мы и называем теперь эти звезды.

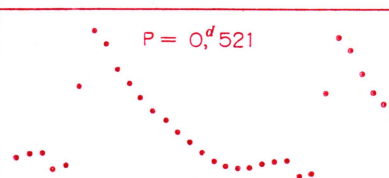
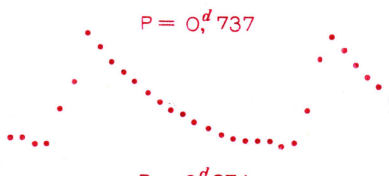
Переменные звезды типа RR Лиры отличаются быстрыми регулярными периодическими изменениями блеска. Еще Бэйли предложил разделить их на три подтипа в соответствии с формой кривой блеска. Глав-

ной характеристикой кривой блеска служит асимметрия ε , определяемая формулой:

$$\varepsilon = \frac{M - m}{P},$$

где M — момент максимума блеска, m — момент предшествующего ему минимума, а P — период.

Впоследствии выяснилось, что классификация, разработанная Бэйли, должна быть дополнена. Открыли звезду $\text{C}\Upsilon$ Водолея с периодом изменения блеска, равным всего 88 минутам, и «сверхдолгопериодические»

Характеристика подтипа	Форма кривой блеска	Асимметрия кривой блеска	Амплитуда изменения блеска, m	Период изменения блеска, сутки
RR _a	 $P = 0^d 521$	0,1	1,0	0,4–0,5
RR _b	 $P = 0^d 737$	0,2	0,8	0,5–0,8
RR _c	 $P = 0^d 274$	0,4	0,7	0,35

Классификация звезд типа RR Лиры, предложенная С. Бэйли

звезды типа RR Лиры, у которых периоды длинее суток (например, SE Геркулеса).

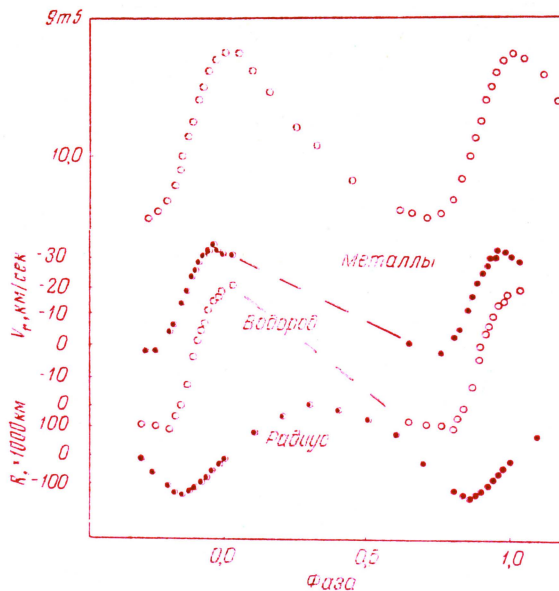
У звезд типа RR Лиры, так же как у цефеид*, синхронно с колебаниями блеска изменяются и лучевые скорости. Это вызвано радиальными пульсациями звезд. У звезд подтипов RR_a и RR_b наибольшая скорость «приближения» к наблюдателю отмечается в момент максимума блеска, а у звезд подтипа RR_c она запаздывает относительно максимума блеска на 0,15 периода.

Лучевые скорости, определенные по смещению спектральных линий, принадлежащих разным химическим элементам, различны. Наибольшую амплитуду изменения лучевых скоростей имеет слой, обогащенный водородом, наименьшую — прилегающий к фотосфере звезды слой, где образуются линии поглощения металлов. Зная кривые лучевых скоростей, можно вычислить, как изменяется радиус того или иного слоя.

Замечено еще одно важное обстоятельство. Спектральные линии водорода во время быстрого возрастания блеска раздваиваются. В эти моменты в середине раздвоенной линии поглощения наблюдается эмиссионная линия, которая иногда достигает большой интенсивности. Дело в том, что в начале каждого нового такта пульсации радиус водородного слоя быстро растет, достигает максимальных размеров, а затем слой опадает. Но он не успевает сжаться до конца, как из недр звезды наружу поднимается новый, расширяющийся слой. Когда оба слоя — опадающий и поднимающийся — встречаются, они движутся с почти удвоенной относительной скоростью. Возникает ударная волна. Вещество перегревается, ионизация возрастает, и в спектре звезды появляется эмиссионная линия водорода.

Колебания блеска пульсирующих звезд объясняются двумя причинами: изменением размера светящегося диска и изменением температуры фотосферы. В максимуме блеска температура фотосферы выше, чем в минимуме. Кроме того, у звезд типа RR Лиры во время быстрого роста блеска наблюдается избыток ультрафиолетового излучения. Это, несомненно, связано с бурными процессами в оболочках звезд.

Отметим еще одну очень интересную особенность звезд типа RR Лиры. В спектрах некоторых звезд значительно ослаблены



Кривые изменения блеска (вверху), лучевых скоростей (в центре), определенных по линиям металлов и водорода, и радиуса фотосферы (внизу) звезды типа RR Лиры. Кривые лучевых скоростей являются как бы отражением кривой изменения блеска. В максимуме блеска звезда «приближается» к нам, а в минимуме — «удаляется» от нас. Наибольшее сжатие звезды предшествует максимуму блеска, а наибольшее расширение наблюдается на середине нисходящей ветви кривой блеска

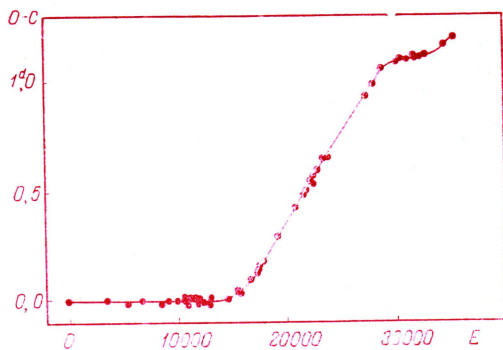
линии металлов. Следовательно, оболочки этих звезд обеднены металлами. Как мы увидим дальше, это очень важный факт.

Рассмотрим теперь свойства звезд типа RR Лиры как членов звездной системы. Такие объекты особенно часто встречаются в шаровых звездных скоплениях — наиболее старых звездных коллективах Галактики. Поэтому естественно предположить, что звезды типа RR Лиры все относятся к сферической подсистеме. Этот вывод хорошо согласуется с обедненностью металлами и богатством водорода их оболочек. Вызывалось даже мнение, что все звезды типа RR Лиры, принадлежащие общему галактическому полю, — «беглецы» из распадающихся или распавшихся шаровых звездных скоплений. Но мы убедимся, что это не так.

Многие звезды RR Лиры обладают переменными периодами колебаний блеска, т. е. их пульсации не вполне стабильны. О переменной периодичности можно судить по графику *O — C* *. Если период звезды остается по-

* См. «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 81. (Прим. ред.)

* Подробнее см. «Земля и Вселенная», № 5, 1969 г., стр. 87. (Прим. ред.)



Изменение периода звезды Z Гончих Псов. На протяжении 14 000 колебаний блеска (от $E = 0$ до $E = 14\,000$) период оставался постоянным (все точки располагаются около нуля), затем он изменился — все моменты максимума стали запаздывать (точки укладываются вдоль поднимающейся вверх прямой линии). Это означает, что период стал длительнее, но на протяжении следующих 16 000 колебаний блеска был постоянным. Остатки $O - C$ возросли до величины, превышающей сутки, в то время как период звезды составлял всего 0,654 суток

стоянным, то все наблюдаемые моменты максимума, которые мы обозначаем буквой O , должны быть представлены формулой: $C = M_0 + P \cdot E$, где M_0 — начальный момент максимума, P — период звезды, E — целое число (номер максимума), а C — вычисленный по формуле момент максимума. Причем, наблюдаемые моменты максимума O не будут сильно отличаться от вычисленных C . Откладывая на вертикальной оси разности $O - C$, а на горизонтальной — номера E , мы получаем график, который может характеризовать стабильность пульсаций звезды.

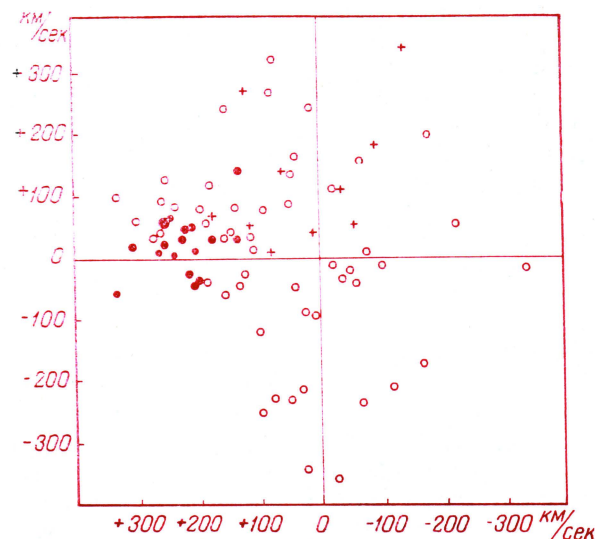
Автор статьи исследовал изменения периодов более 200 звезд типа RR Лиры*. Оказалось, что у большинства этих звезд происходят «вековые» изменения периодов, но существуют звезды, периоды которых остаются постоянными на протяжении более 60 лет.

Итак, среди переменных звезд типа RR Лиры удается выделить стабильные и нестабильные. Как правило, стабильные периоды характерны для звезд с нормальным содержанием металлов в оболочках, а нестабильные — для звезд, в оболочках которых обнаружен дефицит металлов. Изменяется период

* Результаты исследования опубликованы в монографии В. П. Цесевича «Звезды типа RR Лиры». «Наукова думка», Киев, 1966 г.

и у многих звезд типа RR Лиры, входящих в шаровые скопления. Вероятно, совокупность переменных звезд типа RR Лиры, принадлежащих галактическому полю, является смешанной, т. е. состоящей, по крайней мере, из двух подгрупп. Такие выводы делали и раньше, когда исследовалось пространственное положение и скорости этих объектов.

Звезды, имеющие стабильные периоды, принимают участие во вращении Галактики. Их «остаточные» скорости, полученные после вычитания скорости галактического обращения, малы. Кстати, у этих звезд малы и галактические широты. Все это позволяет считать, что стабильные звезды принадлежат к более молодой плоской подсистеме Галактики. Нестабильные звезды не участвуют во вращении Галактики, их скорости направлены хаотически и могут быть очень большими. Таким образом, эти звезды можно отнести к более старой сферической подсистеме. Скорости звезд подтипа RR_c также велики и направлены хаотически от галактического центра. Создается впечатление,



Проекция пространственных скоростей звезд типа RR Лиры на галактическую плоскость (по данным Е. Д. Павловской и Р. Вулли). Проведя из начала координат к каждой точке вектор, мы получим направление и величину скорости движения той звезды, которую определяет точка. Если вектор направлен снизу вверх, то звезда удаляется от центра Галактики. Звезды, имеющие стабильные периоды изменения блеска, изображены черными кружками. Светлые кружки соответствуют звездам с нестабильными периодами, крестики — звездам подтипа RR_c .

что вся совокупность звезд RR_c расширяется!

Исследование постоянства и переменности периодов звезд типа RR Лиры может дать много ценного для изучения не только одной звезды, но и всего звездного коллектива. А такие исследования доступны каждому любителю астрономии.

Многие звезды типа RR Лиры обладают еще одним свойством, существенно отличающим их от других переменных звезд. В начале нашего столетия профессор С. Н. Блажко изучал звезды RW Дракона и XZ Лебеда, открытые на Московской обсерватории Л. П. Цераской. У этих двух звезд кроме вековых колебаний он обнаружил периодические изменения периода, а также формы кривых блеска. Это выражается, прежде всего, в том, что остатки $O-C$ колеблются с периодом Π . Если период основных колебаний блеска P_1 составляет 0,4 суток, момент максимума блеска может запаздывать или предвращать вычисленный даже на час. Как установил С. Н. Блажко, у XZ Лебеда $P_1 = 0^{\text{д}}.4666$, $\Pi = 57^{\text{с}}$, а у RW Дракона $P_1 = 0^{\text{д}}.4429$, $\Pi = 41^{\text{с}}.7$. Синхронно с изменением периода изменяется форма кривой блеска, в том числе и «высота» максимума этой кривой. Впоследствии эффект Блажко нашли у самой RR Лиры и у некоторых других звезд.

Дальнейшие наблюдения привели к открытию переменности периодов эффекта Блажко (Π). Это особенно убедительно было показано венгерским астрономом Л. Детре, который исследовал эффект Блажко у звезды RW Дракона. В чем же причина такого, на первый взгляд странного, явления?

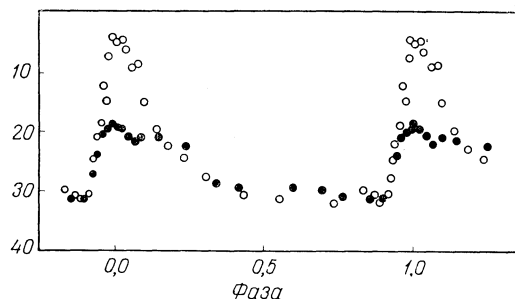
Допустим, что эффект Блажко — результат биения двух колебаний: основного с периодом P_1 и возмущающего, период которого P_2 немного меньше чем P_1 . Тогда за время Π должно протекать n основных колебаний и $n + 1$ возмущающих:

$$\Pi = nP_1 = (n + 1)P_2.$$

Отсюда легко вывести основное соотношение:

$$\frac{1}{\Pi} = \frac{1}{P_2} - \frac{1}{P_1}.$$

Очевидно, что при изменении P_1 должно измениться и Π , причем в обратную сторону: если P_1 уменьшится, то Π увеличится. Таким образом, вековые колебания периода P_1 должны повлечь за собой вековые колебания периода Π . Это и наблюдается. Более того, было обнаружено, что эффект Блажко иногда на время пропадает. Например, у звезды



Эффект Блажко у звезды RR Лиры. Различными кружками показаны две предельные формы кривой блеска этой звезды, у которой $P_1 = 0^{\text{д}}.5112$ и $\Pi = 115^{\text{с}}.7$. Интересно, что уровень блеска в минимуме почти не подвержен изменениям

RR Лиры он не наблюдался в 1964 г. и снова появился в 1965 г.

Теперь нет сомнения в том, что эффект Блажко — результат биения по крайней мере двух разнопериодических радиальных пульсаций звезды. Теория этого вопроса совсем не разработана*. Изучение эффекта Блажко необходимо продолжать, но для этого нужны очень большие ряды наблюдений, в том числе и самых простых визуальных.

Американский астроном Р. Кристи исследовал пульсации оболочек различных моделей звезд типа RR Лиры. Ему удалось выявить много важных фактов, которые хорошо согласуются с наблюдениями. Оказывается, что в зависимости от светимости, радиуса и химического состава оболочки звезда может пульсировать или в основном тоне, или в побочном, который характеризуется меньшей амплитудой. Звезды подтипа RR_a и RR_b пульсируют в основном тоне. У этих звезд моменты максимума блеска и скоростей совпадают. Звезды подтипа RR_c пульсируют в побочном тоне. У них момент максимума блеска опережает момент наибольшей скорости «приближения» к наблюдателю примерно на 0,15 периода. Судя по данным Кристи, форма кривой блеска зависит от химического состава оболочки, т. е. от содержания гелия.

Звезды типа RR Лиры — интересные объекты, заслуживающие внимания и тщательного исследования.

* Подробнее о механизме радиальных пульсаций звезд см. Р. Киппенхан и А. Вайгер. Почему пульсируют звезды типа дельта Цефея? «Земля и Вселенная», № 1, 1966 г. (Прим. ред.)

Первенец



1870
1970 

советского океанографического флота-«Персей»

10 марта 1921 г.— замечательный день в истории советской океанологии. В этот день Владимир Ильич Ленин подписал Декрет Совета Народных Комиссаров о создании Плавающего морского научного института (ПЛАВМОРНИН). Декрет сыграл исключительную роль и для экспедиции на «Малыгине» в 1921 г., и в строительстве и экспедициях «Персея». Трудно сказать, как бы развернулась работа ПЛАВМОРНИН, не будь этого декрета.

Славный «Персей» — первенец советского океанографического флота — был крепко сшит, отплавал 84 экспедиции, прошел около 200 000 км, проделал огромную исследовательскую работу в Баренцевом, Карском, Белом и Гренландском морях, был у берегов Норвегии, Гренландии, у северной оконечности Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, обогнул Новую Землю...

Плавания «Персея» — блестящая страница в истории отечественной океанологии. Это целый ВУЗ, воспитавший сотни океанологов. И плавал бы еще, если бы немецкие бомбы не потопили его в Мотовском заливе на 19-м году жизни.

Л. А. ЗЕНКЕВИЧ
академик

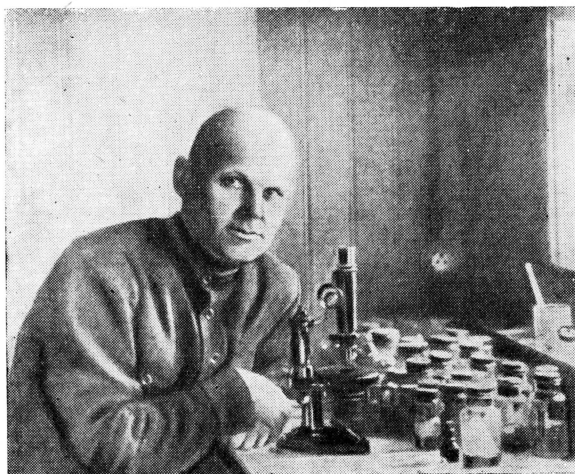
Мы публикуем воспоминания Всеволода Аполлинарьевича Васнецова, участника строительства «Персея». В. А. Васнецов 40 лет своей жизни посвятил океанологии, из них 10 лет плавал на «Персее».

Шло лето 1921 года. После трудового дня на озере сотрудники Косинской биологической станции — преподаватели Московского университета собирались за вечерним самоваром на просторной террасе*. Чай был морковный или смородиновый «высшего сорта». Его обычно пили с сахарином, а иногда и с сахаром, конечно, вприкуску. Был еще картофель и тоненькие ломтики черного хлеба. Чаепитие затягивалось допоздна. Попахивая дымком еловых шишек, самовар пел монотонную песенку. И полумрак террасы, и спокойная гладь озера, и лунный свет сквозь ветви старых ветел — все располагало к душевным беседам и мечтам. А мечты были дерзкие: вот создадут морской институт, построят специальный корабль и все биологи отправятся на нем изучать моря и океаны.

Были мечтатели, были и скептики. И победили фантазеры-мечтатели Л. А. Зенкевич, А. А. Шорыгин, А. И. Россолимо, В. В. Алпатов и молодые в то время студенты А. Д. Старостин, В. А. Броцкая. Возглавил эту группу фантазеров Иван Илларионович Месяцев — преподаватель МГУ, человек необыкновенных организаторских способностей, неуемной энергии и непреклонной воли.

В то лето уже готовилась экспедиция в северные моря на ледокольном пароходе «Малыгин». И вот однажды мы особенно долго засиделись на террасе Косинской станции. Уже темнело. Месяцеву, Зенкевичу, Шорыгину и мне надо было ехать в Москву. Отправились к дачному поезду. Поезда формировались тогда из товарных вагонов и ходили без расписания.

Мы сидели, прогуливались по перрону, а поезда все нет. Прошел час, а может быть и больше. Наконец, вышел начальник станции и объявил: «Товарищи, сегодня на Москву поездов не будет». Ну что ж, надо идти пешком. Шли не спеша. Мои спутники вели оживленную беседу о предстоящей экспеди-



Иван Илларионович Месяцев (1885—1940)

ции, иногда спорили и, мечтая, уплывали в далекие, неизведанные моря. На полпути мы проголодались и, увидев в селении домик с освещенными окнами, решили зайти. Это было какое-то заведение: трактир или харчевня. Старая бревенчатая изба и хозяин с седой бородой, в черной жилетке поверх розовой рубашки казались представителями прошлого века. Правда, цены были вполне современные. Достаточной суммы денег ни у кого не нашлось. Мы набрали из карманов несколько миллионов (а может быть, всего несколько сотен тысяч рублей) и вскладчину заказали одну яичницу на всех. В Москву пришли часа в два ночи. Вынужденная прогулка навсегда осталась в моей памяти: много нового о морях и экспедициях узнал я от собеседников в тот вечер.

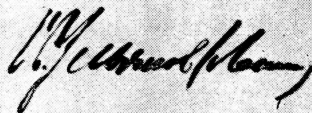
Наши мечты сбывались. В июле 1921 г. мы прибыли в Архангельский порт на борт ледокольного парохода «Малыгин». Он предоставлялся Плавучему морскому научному институту для выполнения экспедиционных работ только осенью 1921 г. Приспосабливать помещения ледокольного парохода под лаборатории можно было только на время. А это создавало огромные неудобства и трудности. Руководители института понимали, что научному учреждению, призванному систематически изучать северные моря, необходимо иметь собственный специальный корабль с постоянно оборудованными лабора-

* Косинская биологическая станция Московского общества испытателей природы основана в 1908 г. профессором Г. А. Кожевниковым. С 1918 по 1920 г. ею заведовал И. И. Месяцев. Зимой 1920—1921 г. он создал здесь инициативную группу, в которую вошли его ученики Л. А. Зенкевич (ныне академик), В. А. Япнов; студенты А. А. Шорыгин и В. В. Алпатов. К этой группе были привлечены и ведущие ученые: профессор А. И. Россолимо (гидролог), профессор, а впоследствии академик С. А. Сернов (гидробиолог), профессор В. К. Солдатов (ихтиолог) и другие. Ученые составили план первой советской научной экспедиции и разработали структуру будущего Морского научного института. (Прим. ред.)

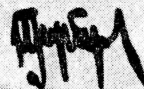
Д Е К Р Е Т

1. В целях всестороннего и планомерного исследования Северных морей, их островов, побережий, имеющих в настоящее время Государственно-важное значение, учредить при Народном Комиссариате Просвещения Плавучий Морской Научный Институт с отделениями; биологическим, гидрологическим, метеорологическим и геологическо-минералогическим.
2. Организованный при НК Просвещения Плавучий Морской Биологический Институт ввести в состав учрежденного настоящим декретом Института в качестве его биологического отделения.
3. Положение об Институте поручить разработать Наркомпросу по соглашению с Морским ведомством и В.С.Н.Х.
- 4.- Рановое деятельности Института определить Северный Ледовитый океан с его морями и устьями рек, островами и прилегающими к нему побережьями Р.С.Ф.С.Р. Европы и Азии.
5. Поручить соответствующим учреждениям снабжение Института углем, жидким топливом, оборудованием и продовольствием наравне с учреждениями первостепенной государственной важности.
6. Установление норм снабжения продовольствием ученого состава Института возложить на Комиссию по Снабжению рабочих при Народном Комиссариате Продовольствия.

Председатель Совета
Народных Комиссаров

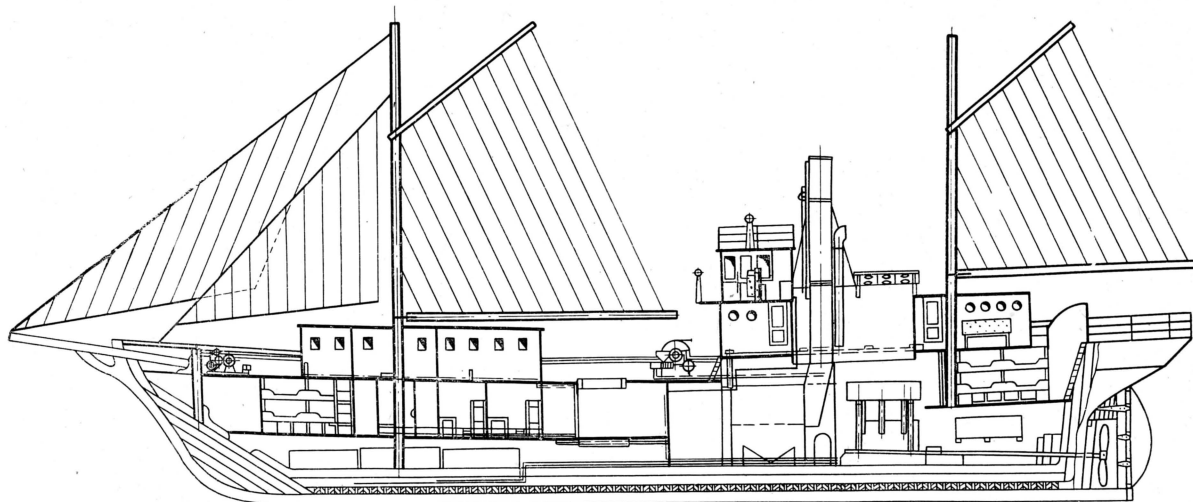


Управляющий Делами Совета
Народных Комиссаров

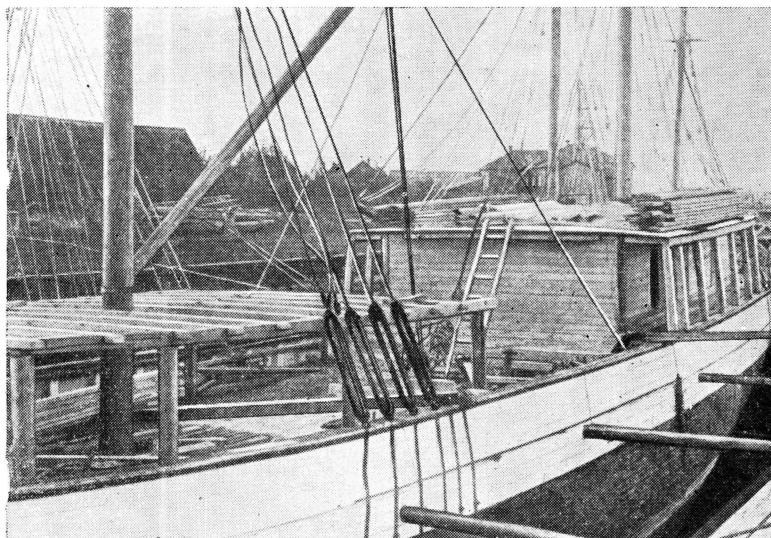


С е к р е т а р ь

Москва - Кремль
10/III-21 г.



Продольный разрез корпуса «Персея»



Так начиналась постройка

Фото В. А. Васнецова

ториями, полностью подчиненный исследовательским задачам.

Однажды начальник экспедиции И. И. Месяцев узнал, что в одном из рукавов дельты Северной Двины, на речке Лае, в старейшем на севере Лайском доке с 1918 г. стоит корпус недостроенного зверобойного судна. (Строить его начал богатый сибирский предприниматель и промышленник, владелец многих зверобойных судов. Одно из них — небольшая парусно-паровая шхуна «Андромеда» — участвовало в поисках пропавших экспедиций лейтенанта Брусилова и геолога Русанова.)

Новое судно, общим водоизмещением около 500 т, строилось в Онеге по норвежским чертежам, было рассчитано на плавание во льдах, поэтому имело очень прочный корпус, ледовые обводы и крепкую дубовую обшивку по ватерлинии. Руководил постройкой известный на севере мастер деревянного кораблестроения В. Ф. Гостев. Судно называлось «Персей».

«Вот если бы заполучить этот корпус, — мечтал Месяцев, — достроить корабль, сделать лаборатории, установить специальные лебедки и оборудование...»

В открытый иллюминатор моей маленькой

каюты на «Малыгине» врывались потоки яркого света и влажного воздуха. На палубе тихо: ни грохота лебедок, ни скрипа блоков, ни топота над головой. Сегодня воскресенье и все мы получаем давно заслуженный отдых. Быстро одевшись, выхожу на палубу. Меня встречает приятная весть о поездке на Лаю. Участники экспедиции едут знакомиться с «Персеем».

Показался маленький буксирчик «Меркурий», который густо и солидно дымил. Поднимая форштевень пенящийся бурун, «Меркурий» бойко шел по полноводной Двине. Вскоре мы вошли в узкую и глубокую Лаю. А вот и корпус «Персея» с толстыми мачтами и грустно обвисшим такелажем. Сидит он в воде очень мелко, а потому кажется высокобортным и громадным. Вдоль ватерлинии колыхаются длинные космы водорослей. Пришвартован «Персей» к каким-то сваям ржавыми тросами и обтрепанными канатами.

Мы подошли на шлюпке к борту и взобрлись на широкую, просторную, хорошо проконопаченную палубу. В кормовой части от борта до борта (как это принято на норвежских зверобоях) установлена рубка, но помещение внутри не оборудовано. Заглянули в трюм. Там от носа до кормы свободное пространство без переборок. Все судно было заполнено круглым лесом. Хозяин предполагал закончить постройку шхуны в Норвегии, а лес был погружен в России.

В конце 1921 г. Месяцеву удалось добиться передачи недостроенного «Персея» Плаучему морскому научному институту. С этого момента все силы и средства института были брошены на постройку и оборудование «Персея».

Шел 1922-й год... Архангельский судоремонтный завод с его станками и оборудованием, изношенными в период первой мировой войны и интервенции, не справлялся даже с неотложным ремонтом судов действующего флота. На его складах не было никаких материалов и запасных механизмов. Пароходы один за другим выбывали из строя. Их отводили в протоку между Северной Двиной и рекой Кузнечихой, в так называемую «Собачью дыру», и там они стояли с погасшими котлами, ржавели, разрушались. «Собачья дыра» стала кладбищем кораблей.

В это трудное время ничего нельзя было достать, получить и тем более приобрести. А пустой корпус «Персея» требовалось заполнить двигателем, котлами, километрами трубопроводов и электропроводов, всевозможными помпами, вентиляторами, клапанами и

бесконечным множеством механизмов. На палубе необходимо было установить брашпиль, лебедки, блоки, рулевую машину, огни, компасы. Нужно было строить лаборатории, каюты, поставить иллюминаторы, радиаторы, аккумуляторы, люстры, радиостанцию и тысячи других крупных и мелких предметов и деталей. Где все это взять? Задача казалась неосуществимой. И только страстное желание, неукротимое стремление и несокрушимая воля такого человека, как Иван Илларионович Месяцев, помогли ее решить. Мы приступили к созданию «Персея».

Архангельский судоремонтный завод предоставил в наше распоряжение свои мастерские и место для стоянки судна. Мы должны были найти инженеров, механиков и рабочих и сами руководить восстановлением корабля. Эта трудная задача легла на плечи Петра Константиновича Божича.

Где взять главную машину и вспомогательные механизмы? Доставать старые и ремонтировать! Начались поиски... Почти новая



Гидролог В. А. Васнецов и судовой врач Н. Е. Синадский с кустарными батометрами. 1924 г.

машина и котел были на паровом буксире «Могучий». Но... он лежал на дне Северной Двины, потопленный в 1916 г. страшным взрывом в порту Бакарица. Буксир подняли со дна, машину сняли, разобрали и доставили в мастерскую судоремонтного завода. Разобрали весь корпус, использовали и металл обшивки, и котел, и некоторые вспомогательные механизмы. От буксира остались только киль, да искаженные ребра шпангоутов.

Восстановить машину взялись два опытных судовых механика, наши друзья А. Н. Волков и А. Н. Елезов. В механическом цехе судоремонтного завода началась сборка начищенных до блеска деталей машины. Она постепенно росла на своем временном фундаменте. С утра до вечера около нее хлопотали механики.

Стальные листы обшивки буксира «Могучий» были свезены на берег речки Соломбалки. В небольшом сарайчике котельщики Ф. В. Грачев и Ф. И. Жиров устроили мастерскую. Здесь они вручную резали, гнули по лекалам и клепали кувалдами цистерны для

воды. К концу лета готовые цистерны по реке вплавь отбуксировали к «Персею».

Все лето в Лайском доке кипела работа: визжали пилы, стучали топоры и молотки. Под руководством старого корабельного мастера В. Ф. Гостева работали судовые плотники И. И. Карпов, братья Скачковы, конопатчик Андрияша Шестаков и такелажники.

Кормовая рубка была переделана, обужена, она уже не доходила до бортов корабля. Вдоль бортов были оставлены проходы, в них выходили двери кают и лабораторий. На носовой палубе устроили лабораторную рубку, где должны были разместиться шесть лабораторий и библиотека.

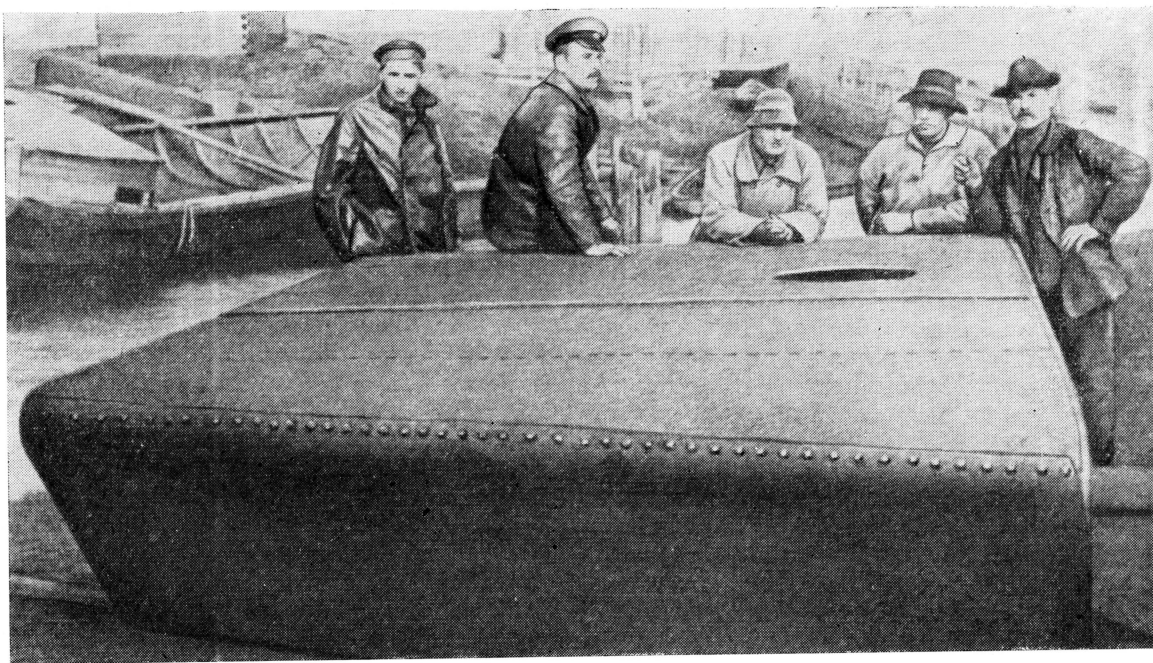
Но окончательная доделка судна, предназначенного для научно-исследовательских целей, требовала еще массы всякого имущества, механизмов и материалов.

И вот кладбище кораблей в «Собачьей дыре» оказалось для нас неоценимой сокровищницей. На некоторых из обреченных судов можно было найти необходимое нам оборудование.



На борту «Персея» слева направо: Т. И. Горшкова, А. И. Россолимо, Л. А. Зенкевич

Фото В. А. Васнецова



На берегу Соломбалки слева направо: В. М. Голицын, П. К. Божич, И. И. Месяцев, Ф. И. Жиров, Ф. В. Грачев у цистерны для воды, которую отправят впласть на «Персей»

Фото В. А. Васнецова

В 1922 г. в районе Индигской губы был затерт льдами и выжат на прибрежные камни ледокол «Лейтенант Дрейер». К месту его гибели отправился наш сотрудник М. В. Афанасьев, в прошлом матрос Ладожской флотилии, для того чтобы снять с ледокола что-нибудь для «Персея». К сожалению, корпус корабля оказался затопленным до палубы и удалось воспользоваться только тем, что находилось в надстройках. Так, «Персей» получил с «Лейтенанта Дрейера» компасы, некоторое навигационное оборудование и, что было для нас очень важно, мебель. Мы много лет сидели в кают-компании «Персея» на креслах с этого ледокола.

Так рождался первый научно-исследовательский корабль «Персей».

Да! Время было мало подходящим для постройки корабля, приходилось преодолевать невероятные трудности, проявлять много изворотливости, настойчивости, терпеть лишения. Равняясь на неутомимого И. И. Месяцева, А. Д. Старостин, В. М. Голицын, М. В. Афанасьев, Н. В. Кузмин и автор этих строк выполняли любые работы: грузили и возили лесоматериалы и трубы, механизмы и железо. Разбирали по частям оборудование

на старых кораблях, странствовали по различным предприятиям Архангельска, добывая, требуя, убеждая, выпрашивая. А когда было нужно, усаживались за стол и скрепя сердце выполняли бухгалтерскую работу. У нас не было ни бухгалтера, ни сметы, ни специальных ассигнований на постройку корабля. И все же «Персей» удалось построить. Его созданию помогали все учреждения Архангельска: Архангельский губисполком, Губком партии, печать — всех заинтересовала постройка первого в Советской Республике научно-исследовательского судна. Месяцев сумел убедить руководящих работников в необходимости систематического изучения северных морей, с которыми так тесно связана экономика Архангельской губернии.

О задачах «Персея» знали все рабочие судоремонтного завода, все моряки северного флота, все население Архангельска.

В конце лета 1922 г. наступил знаменательный день — испытания главной машины на стенде. От заводской магистрали подключили пар. Механики Волков и Елезов хлопотали вокруг машины, смазывали, проверяли подтяжку, хотя все уже давно было смазано и подтянуто. Волков выглядел мрачнее

обычного, Елезов суетился, шумел и хвастал:

— Во, гляди-ко, машина совсем, как новая, вот увидите, пойдет, как в катанцах!

— А ты сначала запусти, а потом уж хвастай,— бурчал Волков.— А ну-капусти меня, суетня,— отстранил он Елезова и сам встал у маховика пускового клапана.— Продуй еще раз, пусть получше прогреется.

Продули! Волков медленно повернул маховик. В наступившей тишине зашипел пар. Повернул побольше. Машина как бы дернулась и сделала пол-оборота. Открыл еще больше — безрезультатно! Быстро повернул кулису на задний ход. Машина опять дернулась и стала.

Волков молча закрыл клапан. Молчал и побледневший Елезов. Мы тоже молчали. А потом шумели, ругались, выясняя ошибку в сборке золотника.

— Ну, Елезов, ты может быть счастливее меня,— пробурчал Волков,— становись к управлению!

Елезов приоткрыл клапан, повернул. Машина тронулась и медленно сделала оборот, другой. Закрыл пар, быстро повертел маховик кулисы, снова дал пар и машина послушно «закрутилась на задний ход». Расплылось в улыбке утрое лицо Волкова. Машина пошла бесшумно, как в «катанцах».

Проба закончилась! Растроганный Месяцев обнял и расцеловал механиков. Мы тоже обнимали их, трясли им руки, поздравляли с успешным завершением трудной работы. Мощная машина, пролежавшая на дне Двины около шести лет, теперь ярко сверкала металлом. Вскоре она была установлена в корпусе «Персея» на заранее подготовленном фундаменте.

Знаменательным событием были и швартовые испытания, когда винт «Персея» сделал первые обороты, а потом забурлила вода под кормой, туго натянулись швартовы, и корабль, казалось, готов был сорваться с привязи. Наша мечта была близка к осуществлению!

В день 5-й годовщины Октябрьской революции на «Персее» торжественно был поднят национальный флаг.

В конце 1922 г. мы покинули нашу квартиру на Вологодской улице, где жили дружной коммуной, и переехали на судно. Здесь мы включились в строгий распорядок корабельной жизни. Была уже взята команда, несли вахту, отбивались склянки. На камбузе орудовали кок и юнга, а в кают-компании хозяйничал буфетчик. Во всех помещениях стоял специфический корабельный запах — пахло свежим деревом, смолой и масляной крас-

кой. Корабль был на ходу, но нам не доставало научных приборов. Тогда их никто не изготавливал. Приходилось все конструировать самим и делать кустарным способом. Тралы и драги ковали в кузнице, сети плели рыбаки, планктонные сетки шили портнихи. Но совсем плохо обстояло дело с батометрами. Негде было взять ни одного экземпляра даже для образца. Начались поиски чертежей. В немецком издании работ Фритьофа Нансена нашли фотографии батометра его системы. Только тогда и смогли их заказать в маленькой кустарной мастерской, находившейся в небольшом домике на берегу Двины.

Батометры готовили из листовой меди и паяли оловом. Изготовление первого экземпляра проходило с большими трудностями, так как рабочих чертежей у нас не было, а настоящего батометра Нансена никто не видел. Но продукция кустаря оказалась очень удачной. Батометры получились удобными и легкими. Они мне служили на «Персее» 10 лет. Я с ними не расставался даже тогда, когда появились батометры заводского изготовления.

К концу зимы 1923 г. все работы по оснащению и оборудованию «Персея» были закончены. 1 февраля на бизань-мачту медленно и торжественно был поднят большой синий флаг с семью белыми звездами, изображавшими созвездие Персея, — экспедиционный флаг Морского научного института. На причале состоялся митинг. Горячо выступал Месяцев, благодарил рабочих и технический персонал за большую самоотверженную работу. Выступали рабочие, механики, председатель Губисполкома, представители Губкома партии.

Весной, как только прошел лед на Северной Двине, «Персей» вышел сначала на ходовые испытания, а потом в пробный рейс по Белому морю под руководством Л. А. Зенкевича. Испытания показали, что все механизмы работали исправно.

К 20 августа 1923 г. все было готово для выхода первой советской научной экспедиции в море. Предстояло работать на 44-м меридиане в Баренцевом море, подойти к Земле Франца-Иосифа, выйти на мыс Желания и вдоль Новой Земли спуститься к югу.

Из центра Архангельска, от Соборной площади уходили корабли в далекие плавания. Так было и 20 августа 1923 г., когда «Персей» медленно покинул пристань, разворачиваясь на север. Его прощальный гудок раскатился над просторами Двины.

В. А. ВАСНЕЦОВ
кандидат геолого-минералогических наук

Александр Степанович Чеботарев

5 ноября 1969 г. скончался выдающийся ученый-геодезист Александр Степанович Чеботарев.

Прекрасная жизнь А. С. Чеботарева, творческое горение, энтузиазм и страстность ученого, его поразительная работоспособность и предельная добросовестность в исследованиях будут всегда служить примером. Его научная деятельность — важный этап в истории развития отечественной геодезии.

Александр Степанович Чеботарев родился 22 ноября 1881 г. в городе Белебее Уфимской губернии. Здесь он окончил городское училище. Среднее специальное образование Александр Степанович получил в Уфимском землемерном училище и поступил в Московский межевой институт.

В Московском межевом институте он слушал лекции по теоретической механике, астрономии, высшей геодезии, геодезическим приборам и инструментам таких выдающихся педагогов и ученых, как академик С. А. Чаплыгин (1869—1942), профессора В. К. Цераский (1849—1925), И. А. Иверонов (1867—1917), Н. М. Кислов (1859—1928) и другие. Окончив институт в 1903 г. с Золотой медалью, А. С. Чеботарев остался в институте для подготовки к научной деятельности в области геодезии.

С 1906 г. А. С. Чеботарев начал преподавать в Тифлисском, а с 1909 по 1918 г. в Красноярском землемерном училищах. В Красноярске он не только вел педагогическую деятельность, но исполнял обязанности инспектора, а затем и директора училища. В 1918 г. он был назначен директором Красноярского учительского института.

В первые годы Советской власти А. С. Чеботарев организовал в Сибири Институт народного образования (педагогический) и был избран его **первым ректором**.

Новая страница в жизни А. С. Чеботарева начинается со времени избрания его в 1921 г.



профессором Московского межевого института, где более 40 лет он возглавлял кафедру геодезии. Здесь и раскрылось педагогическое мастерство ученого. Его содержательные лекции всегда увлекали слушателей, прививая им любовь к геодезической профессии.

В старейшем геодезическом вузе нашей страны А. С. Чеботарев многие годы выполнял административные обязанности: члена правления, декана, проректора и председателя Государственной квалификационной комиссии института. Многие годы он заведовал

кафедрой геодезии и был профессором в Московском институте инженеров землеустройства, а также длительное время руководил кафедрой геодезии в Московском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Много заботы проявил Александр Степанович о подготовке научных кадров. Более 50 аспирантов успешно завершили под его руководством кандидатские диссертации.

А. С. Чеботарев уделял много внимания учебной литературе для высшей школы. Его перу принадлежат учебники по геодезии и способу наименьших квадратов, а также «Курс полигонометрии». Заслуженную признательность получили переработанные и дополненные им первая и вторая части «Курса низшей геодезии» А. Н. Бика и А. И. Ивернова. Более 20 лет основным учебником для высших технических учебных заведений был «Курс геодезии» под редакцией профессора Ф. Н. Красовского, в котором большая часть была написана А. С. Чеботаревым.

А. С. Чеботарев не был «кабинетным» ученым. Педагогическую и научную деятельность он постоянно сочетал с консультациями, руководством или непосредственным исполнением крупных научно-производственных геодезических работ. А. С. Чеботарев проводил экспертизу геодезических работ, выполненных при изысканиях Волго-Донского канала, для строительства Московского и Ленинградского метро, разрабатывал методы геодезического обоснования крупных гидротехнических сооружений, руководил созданием геодезического обоснования крупных городов, участвовал в создании плана картографирования СССР. Его глубокая эрудиция способствовала решению различных вопросов геодезии и ее приложению в народном хозяйстве. В Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемки и картографии он был вначале консультантом, а с 1942 по 1960 г. — научным руководителем и членом совета. Такая тесная связь с практикой помогала ему решать самые жизненные и актуальные вопросы, стоящие перед геодезической наукой.

Творческая деятельность А. С. Чеботарева, насыщенная глубоким содержанием, была целенаправлена и связана с насущными потребностями страны. Много внимания он уделял геодезической метрологии, учитывая современные достижения физики. Ему принадлежит разработка вопросов, связанных с влиянием погрешностей приближенных чисел на результаты геодезических вычислений. Велики его заслуги в создании моногра-

фии «Уравнительные вычисления при полигонометрических работах», которой сейчас пользуются геодезисты. Капитальные исследования А. С. Чеботарева «Оценки точности полигонометрических ходов с учетом ошибок исходных данных» привели к выводам исключительной важности для практики геодезических работ. Он разработал теорию наклонных подвесных приборов и ряд других вопросов полигонометрии и триангуляции, не потерявших своей актуальности и теперь. Его занимали и проблемы применения математической статистики в геодезии, и геодезическое приборостроение, и вычислительная техника.

Перу ученого принадлежит более 170 книг, брошюр и статей, опубликованных в различных изданиях. Его научные статьи украшали страницы не только отечественных, но и зарубежных журналов.

Научно-педагогическую и производственную деятельность Александр Степанович неизменно сочетал с большой общественной работой. В разные годы он состоял членом научно-технического совета ГУГК, длительное время участвовал в работе редколлегии журнала «Геодезист» и в редакционном совете Гостехиздата, а с 1934 г. — бессменным председателем секции научных работников МИИГАиК.

Но особое место в его общественной деятельности занимала работа во Всесоюзном астрономо-геодезическом обществе, в организации которого он принимал самое активное участие, являясь заместителем председателя этого общества. На II Всесоюзном съезде ВАГО А. С. Чеботарев одним из первых геодезистов нашей страны был избран почетным членом Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

Деятельность А. С. Чеботарева высоко оценена Советским правительством: он награжден орденом Ленина и медалями, а в 1947 г. ему было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

В наши дни огромная армия советских геодезистов с чувством признательности и глубокого уважения вспоминает тех, кто был в первых рядах отечественной науки. И среди пионеров, создателей советской геодезии мы по праву должны назвать имя Александра Степановича Чеботарева, беззаветно посвятившего Родине свою большую творческую жизнь.

*Л. С. ХРЕНОВ
и профессор*



НОВОЕ О ПЛАНЕТАХ И ЛУНЕ

(Впечатления участника симпозиума по атмосферам
и поверхностям Луны и планет)

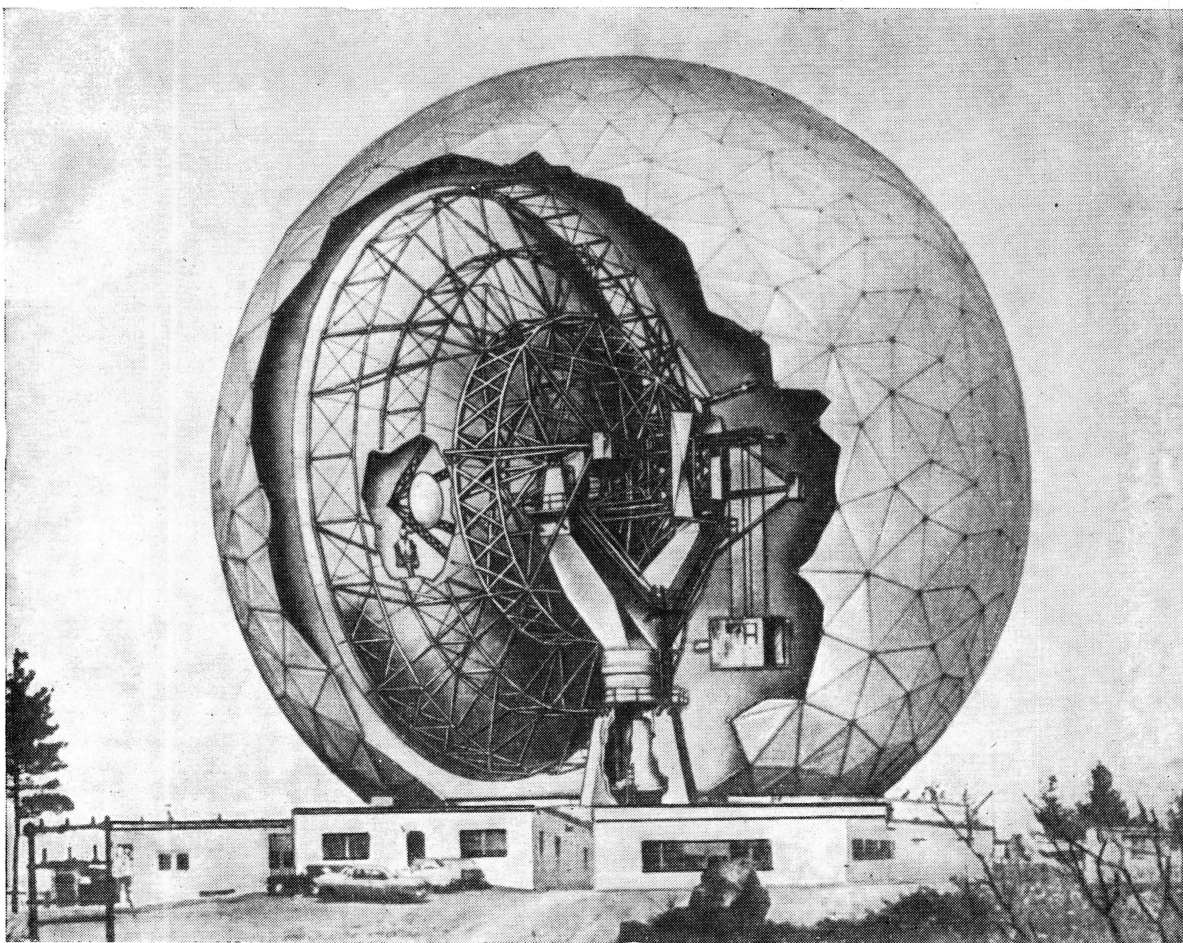
В последние годы мы стали свидетелями качественно нового этапа в изучении ближайшего к нам небесного тела — Луны и планет солнечной системы. Наряду с классическими методами наземных наблюдений в видимой, инфракрасной областях спектра и радиодиапазоне стало возможным проводить измерения в непосредственной близости от Луны и на ее поверхности, а также в атмосферах планет. В результате отпали те многочисленные гипотезы о физико-химических характеристиках Луны, Венеры, Марса, которые привлекались раньше для истолкования результатов наземных измерений. Вместе с тем, возникли новые проблемы, касающиеся, прежде всего, природы процессов, происходящих на планетах или в их окрестностях. Решение этих проблем необходимо для выяснения особенностей химического состава, теплового режима и структуры атмосферы и поверхности, а также уточнения количественных оценок различных параметров (например, температуры, давления) и закономерностей их распределения по высоте и вдоль поверхности планеты.

К сожалению, полеты космических аппаратов к планетам эпизодичны, а доставляемая ими ценнейшая информация пока еще локализована в пространстве и ограничена во времени. Наземные измерения несравненно доступнее. Поэтому необходимо объединять эти методы. Тщательный совместный анализ данных непосредственных измерений с результатами, накопленными астрономами и радиоастрономами за многие годы, и попытки их теоретического обобщения открывают возможность наиболее полного познания физических условий на планетах.

Результаты полетов советских автоматических межпланетных станций («Венера-5» и «Венера-6» к Венере и американских космических аппаратов «Маринер-6» и «Маринер-7» к Марсу) были в центре внимания участников Симпозиума по атмосферам и поверхностям Луны и планет, состоявшегося в Вудс-Холе (штат Массачусетс, США) в августе 1969 г. Симпозиум был организован Международным радиосоюзом (УРСИ) при поддержке Международного астрономического союза (МАС) и Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР). С советской стороны в работе симпозиума приняла участие делегация в составе В. С. Авдеевского, А. Д. Кузьмина и автора настоящей статьи. После окончания симпозиума по приглашению американских ученых советская делегация посетила радиолокационный комплекс Хайстек Линкольнской лаборатории Массачусетского технологического института, Массачусетский и Корнельский университеты, Калифорнийский технологический институт, Лабораторию реактивного движения в Пасадене (Калифорния), Стенфордский университет и Институт космических исследований в Нью-Йорке. Всюду советские ученые выступали с докладами и принимали участие в семинарах, на которых так же, как и на симпозиуме в Вудс-Холе, обсуждались наиболее актуальные проблемы исследований Луны и планет солнечной системы.

ЛУНА

Исследования нашего вечного спутника, особенно плодотворные за последнее десятилетие, вызвали оживленный обмен мнения-



Радиотелескоп сантиметрового диапазона с диаметром зеркала 37 м (Хайстек, США). На этом телескопе ведутся работы по сверхдальной радиолокации и радиосвязи, измеряются фигуры и высотные профили Луны и планет (Венера, Марс, Меркурий). На нем производилось картирование отражательных свойств поверхности Венеры с разрешением порядка 0,1 диаметра диска. Радиотелескоп закрыт радиопрозрачным обтекателем, который защищает металлическую конструкцию от ветровых нагрузок, осадков и солнечного излучения, а следовательно, от неравномерного разогрева и температурных деформаций. Под обтекателем всегда поддерживается постоянная температура около 26°. Управление радиотелескопом осуществляется автоматически от электронно-вычислительной машины. Эта же машина служит для приема и первичной обработки поступающей информации

ми участников симпозиума. Интерес к дискуссиям стимулировался успешно завершеным к этому времени полетом американских космонавтов на корабле «Аполлон-11», которые доставили на Землю образцы лунных пород. Доклады на сессиях, посвященных проблемам изучения Луны, касались вопросов интерпретации фотографических изображений, методики и результатов инфракрасных и радиоизмерений и анализа особенностей лунной поверхности по результатам полетов советских и американских

космических аппаратов. Много внимания было уделено также вопросам эволюции поверхности Луны и анализу траекторных измерений космических аппаратов на селеноцентрических орбитах. Наблюдаемые возмущения орбит дают возможность судить о наличии на Луне локальных концентраций массы (масконов), служащих источниками аномалий поля силы тяжести. Обсуждения проблемы происхождения и распределения масконов были продолжены и во время посещения университетов. Интересно, в част-

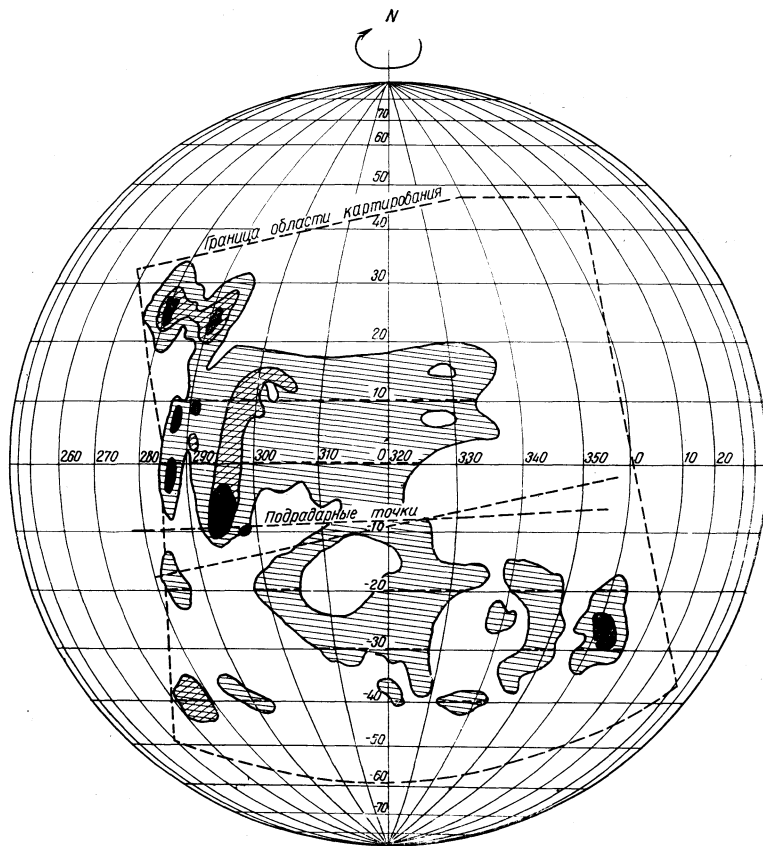
ности, недавно найденная зависимость, связывающая массы масконов с диаметрами соответствующих им лунных морей. Она отвечает степенному соотношению с показателем степени 3,0—3,6. Результаты химического экспресс-анализа лунных образцов подтвердили вывод, сделанный по данным советской автоматической межпланетной станции «Луна-10», о близости их к земным базальтам. Вместе с тем, в исследованных образцах обнаружено повышенное содержание некоторых элементов, например, титана, хрома и циркония.

ВЕНЕРА

Советская делегация представила на симпозиум предварительные результаты измерений, осуществленных 15 и 16 мая 1969 г. в атмосфере Венеры автоматическими станциями «Венера-5» и «Венера-6». Эти сообщения были встречены с огромным интересом и получили высокую оценку американских ученых.

Температура и давление. Измерения давления, температуры и плотности атмосферы планеты (при помощи комплекса приборов, установленных на «Венере-5» и «Венере-6») и их последующий анализ привели к выводу, что в интервале высот приблизительно от 55 до 20 км над средним уровнем поверхности Венеры температура изменялась от 300 до 600° K, а давление от 0,5 до 27 атм. Профили давления и температуры атмосферы очень хорошо согласуются с результатами измерений «Венеры-4» (октябрь 1967 г.). Такое согласование прослеживается до уровня, который на 6 км выше области, где прекратились измерения «Венеры-5» и «Венеры-6». Экстраполяция измеренных значений параметров атмосферы Венеры, выполненная в предположении, что температура продолжает изменяться по адиабатическому закону, приводит к средним значениям температуры и давления у поверхности, соответственно, около 770° K и 97 атм. С полученными величинами температуры вблизи поверхности можно согласо-

Карта отражательных свойств поверхности Венеры, составленная по материалам пятидневных наблюдений в апреле 1969 г. Отчетливо выделяются два больших круговых образования, подобные лунным морям, с центрами $\lambda=335^\circ$, $\varphi=-28^\circ$ и $\lambda=312^\circ$, $\varphi=-14^\circ$. Первое образование наблюдалось в каждый из пяти дней. Второе образование менее четкое. Природа областей повышенного отражения может быть различной. Возможно, что эти области обусловлены, в частности, локальными возвышениями (и следовательно, меньшим поглощением радиоволн в толще атмосферы), более неровной фактурой поверхности, либо, наконец, различием в материале поверхности, а значит, ее диэлектрической проницаемости, что влияет на условия отражения радиоволн



вать измеренные значения радиояркостной температуры Венеры, если учесть поглощение радиоизлучения атмосферой, состоящей из 95% CO_2 и 0,5—1,0% H_2O .^{*} Именно к таким значениям приводят уточненные измерения химического состава атмосферы планеты на «Венере-5» и «Венере-6», осуществленные под руководством академика А. П. Виноградова.

Если принять, что средняя величина радиуса планеты равна 6050 км, то с измерениями советских автоматических станций хорошо согласуются данные американского аппарата «Маринер-5», осуществившего радиозаход за планету в 1967 г. Принятая величина радиуса с возможной погрешностью ± 5 км совпадает с величиной, полученной в результате обработки всей совокупности данных радиолокационных экспериментов.

Рельеф поверхности. Радиовысотомеры «Венеры-5» и «Венеры-6» дали несколько различающиеся значения высоты над поверхностью в тех областях, где происходил спуск аппаратов. Возможной причиной, объясняющей разницу в показаниях высотометров, могло бы быть существование заметных неровностей рельефа планеты. Это, соответственно, определяет возможные отклонения от полученных средних значений температуры и давления атмосферы у поверхности Венеры. С учетом возможных погрешностей в измерении высоты диапазон этих значений может быть приблизительно $\pm 60^\circ$ и ± 40 атм.

Радиолокационные измерения, проведенные в 1969 г. в Хайстеке, выявили возвышенности около 3 км, однако разрешение на поверхности было при этом порядка 20×1000 км. Поэтому нельзя исключить, что в пределах интервала разрешения перепады высот больше. Измерения проводились радиотелескопом с диаметром зеркала 37 м. На этом же телескопе в апреле 1969 г. было произведено картирование отражательных свойств поверхности Венеры с разрешением порядка 0,1 диаметра диска на волне 3,8 см. Выявлены два больших круговых образования, подобные лунным морям, с повышенными отражательными способностями.

^{*} Яркостная температура характеризует интенсивность источника излучения (в частности, планеты) и соответствует температуре абсолютно черного тела, яркость теплового излучения которого на определенной частоте и в определенном направлении равна яркости источника. Радиояркостная температура определяется как яркостная в диапазоне радиоволн.

Возможными причинами, объясняющими такие повышенные отражательные свойства планеты, могут быть различия материала, слагающего поверхность (и, следовательно, различие диэлектрической проницаемости), локальные поднятия рельефа (обуславливающие меньшее поглощение радиоволн в атмосфере) и, наконец, более «изрытая» поверхность планеты. Картирование отражательных свойств, проведенное на волне 12,5 см в Лаборатории реактивного движения, хорошо согласуется с результатами картирования на волне 3,8 см.

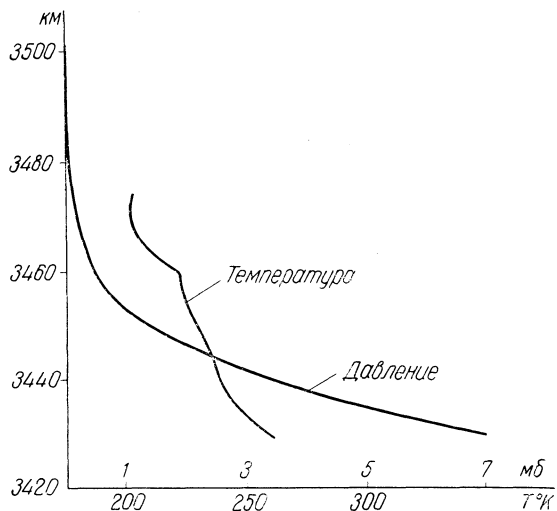
Облака. Особое внимание исследователей продолжает привлекать проблема облаков Венеры, сведения о природе и составе которых крайне противоречивы. Для объяснения наблюдаемых спектров облачного слоя предлагаются новые гипотезы, включающие такие «экзотические» компоненты, как FeCl_2 , NH_4Cl . До последнего времени не отказались и от модели облаков, содержащих ртутные соединения типа Hg_2Cl_2 , HgS , Hg_2I_2 , Hg_2Br_2 и Hg в жидко-капельной фазе. В связи с этим, в Массачусетском университете недавно исследовались лабораторные спектры разнообразных соединений. Установлено, что со спектром отражения Венеры согласуются только лед (при размере частиц до 2 мкм) и гидрокарбонаты магния — $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Последние, по-видимому, исключаются по химическим соображениям. Но и против наличия льда имеются возражения: в спектре отражения отсутствуют характерные для ледяных кристаллов линии поглощения около 1,5—2,0 мкм. К тому же содержание водяного пара выше слоя облаков незначительно. Эта последняя трудность, вообще говоря, может быть преодолена. Можно принять, например, гипотезу о наличии на уровне облачного слоя Венеры зоны пониженной температуры (порядка 200°K), в результате чего избыточное содержание водяного пара выпадает в лед. Что же касается наблюдаемых спектров Венеры, то нельзя исключить, что их отождествления могут оказаться ошибочными. Так, в одном случае, в качестве спектра сравнения использовался спектр отражения Луны, а не спектр Солнца; в противном же случае отдельные детали спектра Венеры могли быть объяснены поглощением CO_2 и ледяными кристаллами малых размеров. Есть также основания считать, что из-за недостаточной разрешающей способности спектрометра оценка содержания H_2O в атмосфере Венеры над облаками занижена.

Модели атмосферы. Данные прямых изме-

рений химического состава, температуры и давления позволили создать модель атмосферы Венеры от поверхности до высоты 300 км и развить методы математического моделирования процессов лучисто-конвективного теплообмена в атмосфере планеты. Такое моделирование могло бы объяснить, почему на Венере столь высокие температура и давление у поверхности. Большое внимание этой проблеме уделялось и на симпозиуме, и во время последующих дискуссий. Приятно отметить, что американские коллеги, применяя иные методы подхода к исследованию лучистого переноса в инфракрасной области спектра, пришли приблизительно к аналогичным результатам. Наиболее принципиален вывод о том, что в атмосфере из чистого CO_2 , без примеси по крайней мере 0,1–0,5% H_2O , вследствие парникового эффекта не могут развиваться очень высокие температуры. В нашем докладе было показано, кроме того, что облака существенно влияют на формирование теплового режима нижней атмосферы планеты. Для модели конвективной ячейки с параметрами, соответствующими атмосфере Венеры, и при градиенте температуры, близком к адиабатическому, получены при различных предположениях оценки наиболее вероятной скорости конвективных движений в пределах 0,1–0,5 м/сек.

МАРС

На симпозиуме и во время посещений Лаборатории реактивного движения и Стенфордского университета обсуждались предварительные результаты измерений, проведенных американскими космическими аппаратами «Маринер-6» и «Маринер-7» (см. также «Земля и Вселенная», № 1, 1970 г.). Оба аппарата были оснащены аналогичными научными приборами, а траектории их полетов были выбраны таким образом, чтобы «Маринер-6» зашел за диск планеты вблизи северной полярной области, а «Маринер-7» — над Южным полюсом. Время проведения эксперимента соответствовало началу осени в северном полушарии. В задачи эксперимента входило фотографирование планеты на разных расстояниях, выявление природы темных и светлых областей, определение температуры, давления, химического состава атмосферы Марса, характеристик ионосферы и распределения температуры по поверхности.



Профиль давления и температуры атмосферы Марса в точке радиозахода «Маринера-6» (31 июля 1969 г., 15 часов 30 минут местного времени, $\lambda=4^\circ$ с. ш. и $\varphi=5^\circ$ в. д.). На осях координат отложены расстояния от поверхности планеты, а также значения давления и температуры

Читатели журнала «Земля и Вселенная» уже знакомы с фотографиями, полученными с аппаратов «Маринер-6» и «Маринер-7» вблизи экваториальной области планеты и над южной полярной шапкой (см. «Земля и Вселенная», № 1, 1970 г.). Эти снимки были сделаны широкоугольной камерой и камерой с телеобъективом, установленными на этих космических аппаратах. Камеры включались поочередно с интервалом 42,5 секунды. Разрешение на снимках, полученных камерой с телеобъективом, приблизительно в 10 раз лучше, чем на снимках, сделанных аппаратом «Маринер-4» в 1965 г., и составляет доли километра.

Характер поверхности. На фотографиях поверхность Марса, изобилующая кратерами, очень напоминает поверхность Луны. Это приблизительно соответствует впечатлению от первых снимков планеты в 1965 г. По мнению специалистов-селенологов, некоторые из снимков планеты практически нельзя отличить от фотографий лунной поверхности. Ландшафт Марса в целом подобен ландшафту Луны по форме кратеров, крутизне их склонов (в частности, по резко спадающим террасам) и по среднему количеству кратеров на единицу площади.

Кратеры Марса находятся на разных стадиях эволюции: края многих из них имеют

признаки заметной эрозии, а по соседству с ними много малых кратеров, очевидно, более позднего происхождения. На поверхности также хорошо различаются большие светлые пятна, похожие на пятна «снега», которые при наблюдениях Марса часто принимались за облака. Особенно их много в оранжевых «пустынях», прилегающих к южной полярной шапке. Края южной полярной шапки, имеющей, по-видимому, довольно большую толщину, очень неровные, и она сильно изрыта кратерами.

Большой интерес представляет область Hellas, яркость которой, как показали наземные наблюдения, изменяется в течение дня. На снимках хорошо видно, что она окружена грядками, между которыми много кратеров. В самой же области кратеров нет. Возможно, что здесь происходят какие-то не известные нам процессы, не имеющие аналогов на Луне.

На фотографиях темные области Марса, где, как установлено наблюдениями с Земли, происходят сезонные изменения, имеют более размытые очертания, чем это показано на картах, составленных по наземным данным. Большинство «каналов» Марса, скорее всего, является совокупностью темных пятен и отдельных кратеров, которые (благодаря особенностям человеческого глаза) на пределе разрешения порядка 200 км воспринимаются как сплошные образования повышенной контрастности. Отсутствие на снимках таких характерных образований, как долины и расщелины, противоречит представлениям, что когда-то на Марсе существовали реки.

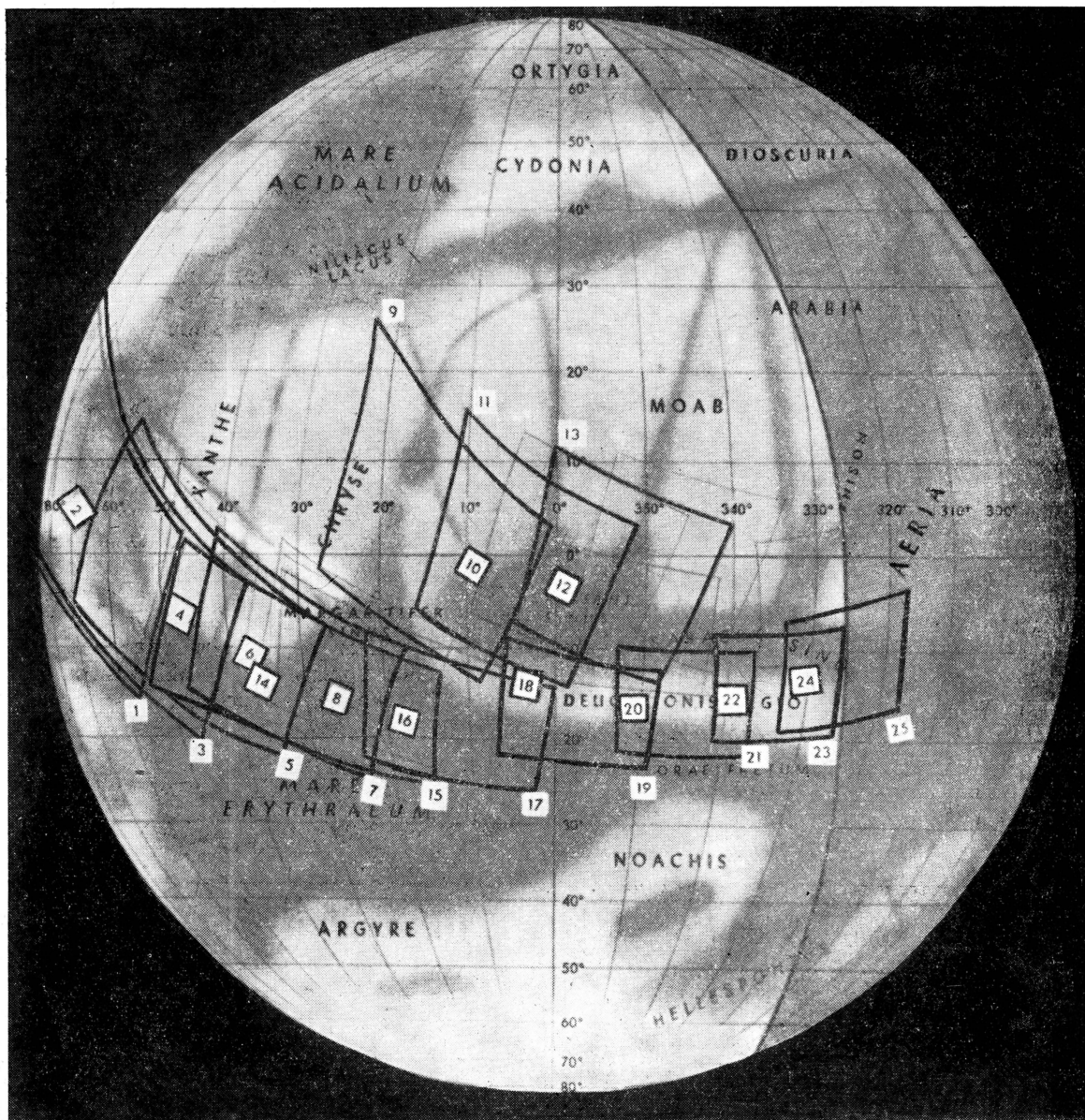
Состав атмосферы. По измерениям двухканальных инфракрасных спектрометров в диапазонах отраженного (1,6—6 мкм) и собственного (4—14 мкм) излучения планеты получены некоторые сведения о составе нижней атмосферы Марса. В измеренных спектрах отмечены также признаки твердой углекислоты, по всей вероятности, присутствующей в полярных шапках. Зарегистрированы полосы поглощения углекислого газа и льда. Учитывая данные измерений температуры, следует предполагать, что в экваториальной области ледяные кристаллы в виде тумана находятся в атмосфере, а не на поверхности, как это может быть на южной полярной шапке.

Существенный интерес представляют результаты ультрафиолетовой и инфракрасной спектрометрии. Двухканальными ультрафиолетовыми спектрометрами, охватившими диапазон от 800 до 4300 Å, в верхней атмо-

сфере Марса обнаружены атомарный водород, атомарный кислород, окись углерода, углекислый газ, а также ионы углекислоты. Признаков существования молекулярного азота не найдено. В области южной полярной шапки отмечено сильное отражение от поверхности планеты солнечной радиации короче 1900 Å. Это свидетельствует о высокой прозрачности атмосферы Марса для ультрафиолетового излучения, которое должно оказывать сильное разрушительное действие на органические молекулы. Проведенный эксперимент, а также фотоснимки поверхности Марса, полученные с набором фильтров (включая синий), свидетельствуют, что у Марса нет той голубой дымки, на существование которой указывали в отдельные периоды наземные наблюдения. Природа этой дымки продолжает оставаться загадочной, поскольку одновременные с пролетом «Маринеров» наземные наблюдения зарегистрировали уменьшение контрастности деталей планеты в синей области спектра.

Температура. Измерения поверхностной температуры Марса инфракрасным радиометром в двух окнах прозрачности атмосферы (8—12 и 18—25 мкм) подтверждают данные инфракрасной спектрометрии: действительно, темные области поверхности горячее светлых приблизительно на 20°. В исследованных областях мелкомасштабных аномалий распределения температуры не обнаружено. Яркостная температура планеты оказалась примерно на 5° ниже температуры, определенной радиозатменным методом, и на 50° ниже температуры, которую оценил инфракрасный спектрометр. Последнее различие имеет принципиальное значение, поскольку, в зависимости от того, какова температура южной полярной шапки (150 или 200° К), шапка может состоять из твердой углекислоты или льда. С другой стороны, данные «Маринера-6» и «Маринера-7» и недавние результаты спектроскопических измерений показывают, что в атмосфере Марса крайне мало H₂O; по спектрограммам количество осажденной воды при нормальных условиях не превышает 35 мкм.

Давление. При полете вблизи Марса каждого из аппаратов «Маринер» на Земле принимались сигналы бортовых передатчиков, прошедшие через различные области атмосферы, вплоть до прекращения радиовидимости при заходе аппарата за диск планеты. Радиовидимость возобновлялась приблизительно через 20 минут после появления аппарата на противоположной стороне диска. Поскольку регистрировавшееся на назем-



31 июля 1969 г. «Маринер-6» в течение 18 минут находился в непосредственной близости от Марса. Две телевизионные камеры, установленные на борту космического корабля, последовательно передавали на Землю изображения поверхности Марса. Выделенные на карте четырехугольники соответствуют контурам сфотографированных областей; нечетными цифрами обозначены области, телевизионное изображение которых получено широкоугольным объективом, а четными в маленьких прямоугольниках — телеобъективом. Север вверху

ных приемных пунктах изменение фазовой скорости распространения радиоволн зависит от плотности и состава среды, можно было определить профиль давления, а с учетом принятого химического состава —

изменение температуры по высоте. Аналогичный метод использовался и на аппаратах «Маринер-4» и «Маринер-5». «Маринером-6» было получено давление у поверхности Марса, равное 6,4 мбар в точке входа и

6,2 мбар в точке выхода, а соответствующие температуры (при 90% CO₂ и 10% Ar) оказались равными 260 и 160° К (координаты точки входа $\varphi=4^\circ$ с. ш. и $\lambda=5^\circ$ в. д., координаты точки выхода $\varphi=79^\circ$ с. ш. и $\lambda=86^\circ$ в. д.). В точке входа «Маринера-7» давление у поверхности оказалось равным 3,5 мбар, температура 220° К, а в точке выхода, соответственно, 6,3 мбар и 150° К (координаты входа $\varphi=60^\circ$ ю. ш. и $\lambda=28^\circ$ в. д., координаты выхода $\varphi=37^\circ$ с. ш. и $\lambda=212^\circ$ в. д.).

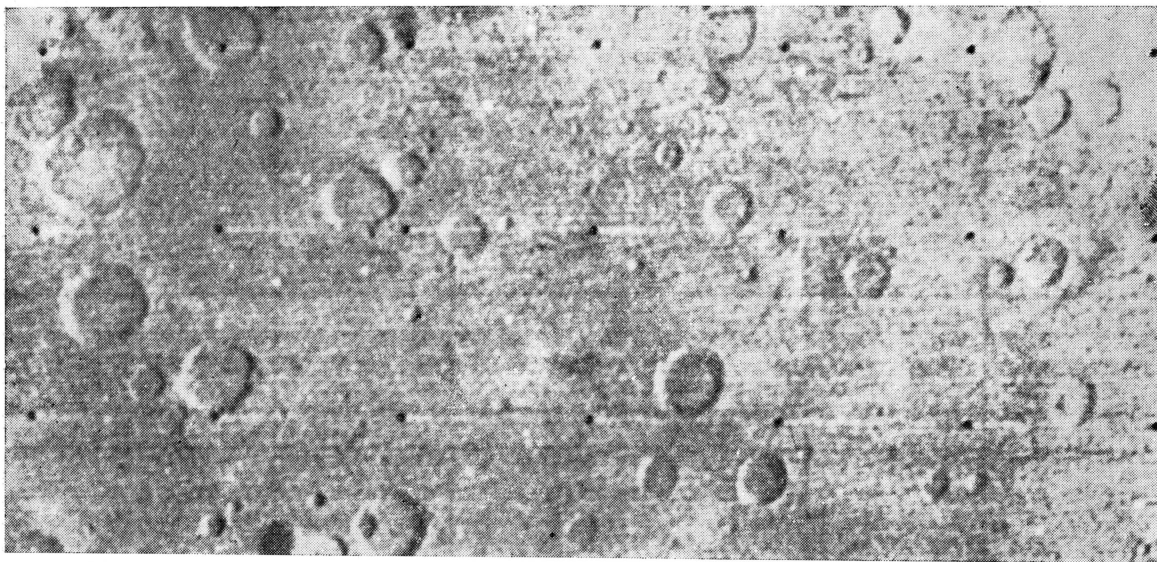
Таким образом, подтверждены низкие давления в атмосфере Марса, полученные ранее «Маринером-4».

Рельеф. Очень важные результаты относительно топографии Марса были получены наземными радиолокационными измерениями в 1967—1969 гг. (Массачусетский технологический институт и Лаборатория реактивного движения). Измерения, проводившиеся на нескольких широтах вблизи экваториальной области северного полушария, показали, что рельеф Марса в меридиональном направлении в широтном поясе от 3 до 22° с. ш. почти однороден.

Перепады высот на Марсе достигают 12 км. По радиолокационным данным,

область Meridiani Sinus, в которой при заходе «Маринера-6» радиолуч коснулся поверхности планеты, находится на высоте 2,2 км над самой низкой точкой на широте 4° с. ш. и на 8,7 км ниже самой высокой точки. Поэтому на эти высоты можно экстраполировать измеренное давление 6,4 мбар. В результате оказывается, что давление на Марсе, в зависимости от рельефа, может изменяться примерно в 3 раза, от 3,3 до 8 мбар. Сравнение измеренного профиля температуры с рассчитанной из условия радиационного равновесия показывает, что ниже 45 км атмосфера Марса должна быть субадиабатической.

Ионосфера. И «Маринер-6», и «Маринер-7» установили присутствие ионосферы на дневной стороне планеты. Максимальное значение электронной концентрации достигает $1,6 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$, а электронная температура составляет 400—450° К. Оба значения выше полученного «Маринером-4» в 1965 г., что, видимо, обусловлено более высокой солнечной активностью в 1969 г. и меньшим зенитным углом (приблизительно на 12°) во время эксперимента на «Маринере-6». На ночной стороне ионосфера не прослеживается.



Поверхность Марса, так же как и поверхность Луны, изобилует кратерами. На этой фотографии изображены кратеры вокруг яркой области Deucalionis Regio, расположенной южнее Sabaeus Sinus. Имеются кратеры с центральным пиком и многоугольными очертаниями. Фотография получена с корабля «Маринер-6», который находился в момент съемки в 3592 км от поверхности Марса

ДРУГИЕ ПЛАНЕТЫ

Новые радиоастрономические измерения Меркурия в 1967—1968 гг. привели к выводу, что тепловые свойства поверхности этой планеты весьма близки к лунным. По данным радиолокационных измерений, фигура планеты слегка эллиптическая, разность экваториального и полярного радиусов не превышает 0,2 км, а смещение центра фигуры составляет около 0,4 км. Для сравнения укажем, что, согласно мнению тех же авторов, соответствующий параметр для Венеры равен 1,5 км.

Измерения инфракрасного излучения Юпитера и Сатурна в диапазоне 1,5—350 мкм показали, что при определенных предположениях о распределении излучательной способности по спектру полный поток теплового излучения Юпитера более чем в 2,5 раза, а Сатурна вдвое превышает поток энергии, получаемой каждой из этих планет от Солнца. Возможно, что здесь присутствует внутренний источник тепла, которым, например, может быть гравитационное сжатие. На Юпитере для обеспечения требуемой дополнительной энергии достаточно сжатия, не превышающего нескольких миллиметров в год. В спектре радионизлучения Юпитера тепловая составляющая соответствует яркостной температуре 145° К. Характер распределения радиояркой температуры по диску планеты может при-

вести к заключению, что в диапазоне 234—405 мкз значительная часть излучения генерируется вне диска и, очевидно, обусловлена радиационными поясами Юпитера.

Относительно Урана и Нептуна сведения продолжают оставаться крайне ограниченными. По результатам недавних радиоастрономических измерений, яркостная температура этих планет оказывается выше равновесной. Не исключено, однако, что этот результат обусловлен неточностью знания диаметра далеких планет.

Очень беглый обзор, содержащийся в этих заметках, естественно, не может охватить всех вопросов, которые обсуждались в период пребывания советской делегации в США. Автор и не претендует на подробный рассказ о работе симпозиума. Вместе с тем, хочется надеяться, что сообщенные здесь крайне скудные сведения представят определенный интерес для читателей.

Необходимо отметить, что симпозиум в Вудс-Холе был хорошо организован. Это в значительной степени предопределило успех его работы. Также хорошо была организована поездка делегации по стране. Автор пользуется возможностью выразить американским коллегам от имени всех членов советской делегации искреннюю благодарность за оказанный радушный прием, полезные дискуссии и гостеприимство.

М. Я. МАРОВ

кандидат физико-математических наук

ВЫСОКАЯ ОЦЕНКА ТРУДА ЛЕКТОРА

Указом Президиума Верховного Совета РСФСР от 4 декабря 1969 г. лектору Московского планетария Ивану Федоровичу Шевлякову за заслуги в области советской культуры присвоено почетное звание заслуженного работника культуры РСФСР.

И. Ф. Шевляков — один из старейших лекторов звездного дома в Москве, неутомимый пропагандист знаний по астрономии, космонавтике и научному атеизму. Лекции И. Ф. Шевлякова отличаются идейной устремленностью, эмоциональностью, насыщенностью впечатляющими демонстрациями. За 40 лет трудовой деятельности Иван Федорович прочитал в планетарии, в разных



И. Ф. Шевляков

областях нашей страны и за границей более 15 000 лекций. И. Ф. Шевляков — лектор-методист, педагог, наставник молодых лекторов. Опыт своей работы он обобщил в брошюрах, аннотациях к сериям диапозитивов.

С именем И. Ф. Шевлякова неразрывно связана учебная работа Московского планетария и многих других планетариев нашей страны, в которых читаются лекции по астрономии для учащихся средних школ.

Редколлегия, авторский коллектив и читатели журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют Ивана Федоровича с присвоением ему почетного звания заслуженного работника культуры РСФСР и желают здоровья, бодрости и новых успехов в трудной и почетной работе лектора.



ПЛАНЕТАРНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

(Записки участника симпозиума)

Уже несколько лет существует Комиссия многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по комплексной проблеме «Планетарные геофизические исследования» (КАПГ). В октябре 1969 г. ученые Советского Союза, Германской Демократической Республики и Чехословакии встретились на очередном симпозиуме КАПГ в Тбилиси и Абастумани. Созвал симпозиум Межведомственный геофизический комитет при Президиуме Академии наук СССР и Абастуманская астрофизическая обсерватория Академии наук ГрузССР. Большую работу по подготовке симпозиума и по налаживанию сотрудничества в области физики высоких слоев атмосферы провел профессор И. А. Хвостиков (безвременно скончавшийся 7 августа 1969 г.).

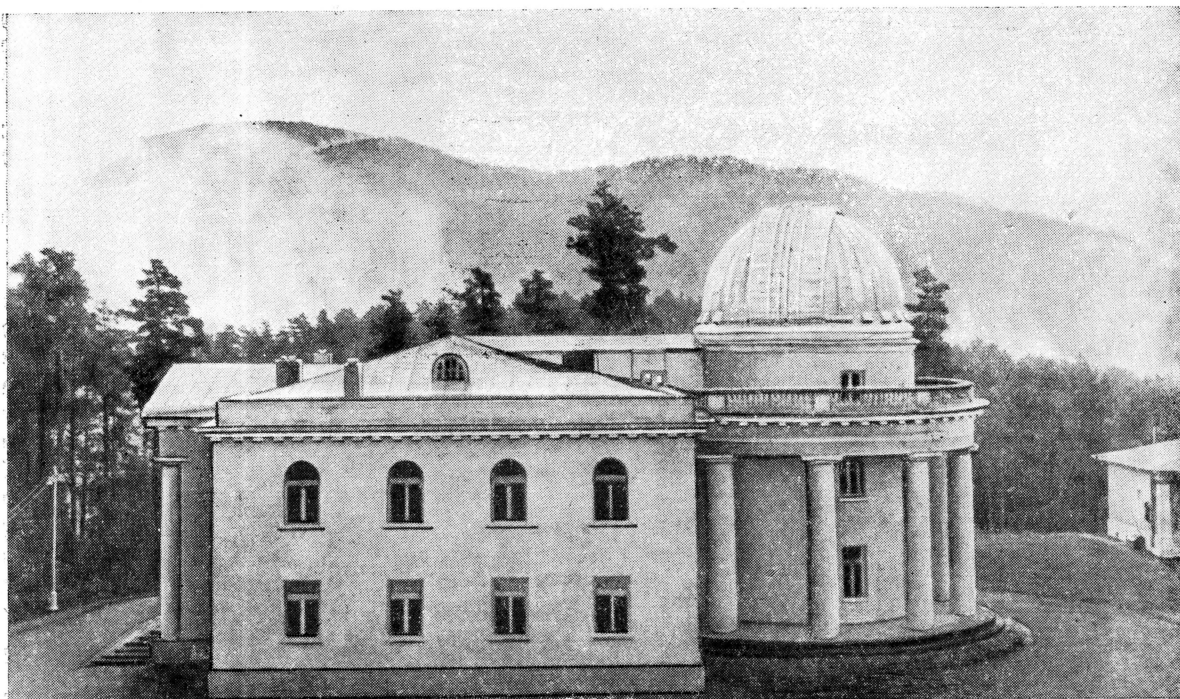
Симпозиум открыл председатель Рабочей группы КАПГ доктор Г. Дитце (ГДР). После короткого вступительного слова директора Абастуманской астрофизической обсерватории академика АН ГрузССР Е. К. Харадзе участники симпозиума заслушали доклад академика АН СССР В. Г. Фесенкова «Оптические методы зондирования атмосферы и околоземного пылевого облака». Он подробно остановился на применении сумеречного метода, позволяющего определять оптические свойства атмосферы (коэффициент прозрачности и индикатрису рассеяния) до высоты 150—200 км и выделить различные неоднородности в структуре верхней атмосферы на высоте 80—90 км. Сейчас этим методом исследования пользуются во многих странах.

Сумеречным методом наблюдения в симметричных точках солнечного вертикала (после погружения Солнца под горизонт при $z = 100^\circ$) обнаружено околоземное пылевое облако. Докладчик подчеркнул, что

лучшим способом выделения пылевого облака из общей яркости зодиакального света является сканирование ночного неба с помощью аппаратуры, установленной на аэростатах.

На эту же тему с докладом выступил доктор Г. Коль из Метеорологической обсерватории Вансдорф (ГДР). Приведенные результаты измерений на станциях Абастумани (ГрузССР) и Вансдорф (ГДР) свидетельствуют о значительной концентрации пыли в мезопаузе. Отмечена зависимость концентрации от географической широты места, где велись наблюдения, и от высоты над земной поверхностью. Г. В. Розенберг и А. Б. Сandomирский (СССР) посвятили свой доклад определению высотного хода и коэффициента рассеяния в стратосфере по материалам наблюдений с борта космического корабля «Союз-3».

Работы ленинградских ученых под руководством члена-корреспондента АН СССР К. Я. Кондратьева были представлены в докладе кандидата физико-математических наук О. И. Смоктия и кандидата физико-математических наук А. П. Гальцева. Анализировались результаты спектральных исследований сумеречного ореола земной атмосферы с борта космического корабля «Союз-5». Кандидат физико-математических наук Т. Г. Мегрелишвили (Абастуманская астрофизическая обсерватория) рассказала о вариациях рассеянного сумеречного света в области $\lambda\lambda$ 5 600—6 600 Å по спектральным наблюдениям 1962—1968 гг. в Абастумани. Одновременные наблюдения в той же области спектра позволили обнаружить суточные, сезонные и вполне определенные годовые вариации фотометрических и спектральных параметров свечения сумеречного и ночного неба в высоких слоях атмосферы. Т. Г. Мегрелишвили предполагает, что извержение вулканов сопровождается увеличением интенсивности свечения сумеречного



Астрофизическая обсерватория в Абастумани

Фото А. М. Касаткина

неба, а следовательно, околоземное пылевое облако имеет земное происхождение.

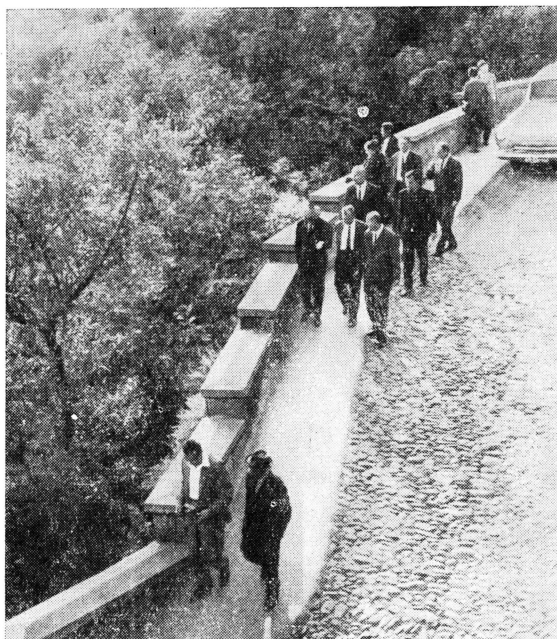
Доклад доктора Г. Дитце (ГДР) назывался «Анализ хода поляризации сумеречного неба с учетом влияния на верхнюю атмосферу». В нем подробно рассмотрены различные возмущающие факторы: многократное рассеяние солнечного света, включая отражения от поверхности Земли; поляризация в озоновом слое; атмосферная рефракция и т. д. Результаты исследований были представлены многочисленными графиками, характеризующими вид и величину различных возмущающих факторов. Указано, как исключить их расчетным путем, чтобы выявить вертикальное распределение аэрозоля. Было отмечено также, что наиболее сложно избавиться от влияния многократного рассеяния солнечного света.

Одно заседание полностью заняла дискуссия о методах интерпретации результатов наблюдения сумеречного неба. Между заседаниями в субботу и воскресенье (4 и 5 октября) участники симпозиума ознакомились с университетом и институтами АН ГрузССР, музеями и памятниками древней культуры. На горе Мтацминда осмотрели пантеон писателей и общественных деятелей Грузии, а

также могильный грот А. С. Грибоедова. В субботу вечером в Государственном театре оперы и балета имени З. Палиашвили слушали классическую грузинскую оперу «Даиси».

5 октября делегаты симпозиума отправились на автобусе в Абастуманскую астрофизическую обсерваторию, где симпозиум продолжил свою работу. Двухсоткилометровый путь проходил по живописной дороге вдоль Куры. Однодневная поездка доставила всем огромное удовольствие, позволила попутно ознакомиться с историческими памятниками на западе Грузии и оставила неизгладимое впечатление. Путешествие закончилось к вечеру на горе Канобили, где участников симпозиума ждал исключительно теплый прием.

На заключительном заседании в обсерватории был заслушан доклад кандидата физико-математических наук Т. Н. Назаровой (Институт геохимии и аналитической химии АН СССР) о распределении метеорной пыли вблизи Земли. Представлены систематизированные данные советских и американских исследований спорадических метеорных частиц, проведенных с помощью ракет и спутников. В основу систематизации был положен принцип сопоставления результатов только тех



Спуск с горы Мтацминда

Фото А. М. Касаткина

экспериментов, во время которых регистрировались одни и те же характеристики частиц (скорость, масса) в одной и той же области пространства. Экспериментальные данные, отобранные по этому принципу, позволили сделать вывод, что пространственная плотность спорадического вещества в окрестностях Земли (на удалении более 200 км от ее поверхности) превышает плотность вещества в зодиакальном облаке, а также помогли обнаружить флуктуации метеорного вещества во времени и пространстве. Однако, как отмечалось в выступлениях участников симпозиума, вопрос о величине пространственной плотности метеорного вещества является дискуссионным, поскольку эксперименты не дали надежных результатов из-за малого времени экспозиции и малой площади чувствительных элементов на поверхности датчиков (доли см^2 за время, равное приблизительно 200 сек). Итак, надежных результатов непосредственных измерений концентрации пылевой компоненты нет, поэтому вопрос о существовании пылевого облака вокруг Земли нельзя считать окончательно решенным.

Доктор физико-математических наук Б. А. Миртов (Институт прикладной геофизики ГУГМС) выступил с докладом «Атмосферная эмиссия атомного кислорода ($\lambda 5577 \text{ \AA}$) и ее связь с вторгающимися микрометеоритами». В докладе обсуждалась гипотеза происхождения атмосферной эмиссии атомного кислорода ($\lambda 5577 \text{ \AA}$) в результате бомбардировки верхней атмосферы микрометеоритами. Согласно этой гипотезе, каждый микрометеорит рассматривается как движущийся источник атмосферных частиц (в основном O_2 и N_2), отскочивших от тела метеорита в процессе упругих и неупругих соударений. Взаимодействие этих частиц (с энергией 1—2 кэв) с «неподвижными» молекулами среды (в основном также с O_2 и N_2) ведет к процессам диссоциации, возбуждения и ионизации (O_2 и N_2). По мнению автора, микрометеоритная гипотеза происхождения эмиссии $\lambda 5577 \text{ \AA}$ надежно подтверждается при изучении ее вертикального профиля, полученного ракетным зондированием атмосферы.

На симпозиуме была принята резолюция, в которой отмечалась важность и целесообразность проведения в 1970—1971 гг. дальнейших совместных комплексных исследований оптических свойств и структурных параметров верхней атмосферы и окружающего космического пространства оптическими методами.

Ознакомившись с обсерваторией, ее лабораториями, астрономическими инструментами и оборудованием, делегаты симпозиума единодушно признали, что Абастуманская обсерватория — современное и прекрасно оснащенное научное учреждение, имеющее квалифицированные научные кадры и способное успешно не только вести самостоятельные, но и возглавить важные астрофизические наблюдения, связанные с решением актуальных астрофизических и геофизических проблем по сложившимся научным направлениям. Свидетельством этому является научный вклад сотрудников обсерватории в решение проблемы, результатам исследования которой и был посвящен настоящий симпозиум.

Нельзя не отметить трудоемкую и слаженную работу организаторов симпозиума во главе с директором Абастуманской астрофизической обсерватории академиком АН ГрузССР Е. К. Харадзе.

Н. Т. МОРОЗОВСКИЙ
кандидат технических наук

Катастрофы в ранней истории системы Земля — Луна

Сейчас многие ученые считают, что впадины лунных морей и некоторых кратеров — следы ударов о поверхность Луны некогда существовавших спутников Земли. Эти многочисленные спутники сталкивались с Луной, когда та под действием приливного трения постепенно отодвигалась от Земли. О том, как происходило столкновение Луны со спутниками и какие лунные катастрофы связаны с этим, рассказано в статье американских ученых Н. Барричелли и Р. Меткафа, опубликованной в журнале «Icarus» (10, 1, 1969).

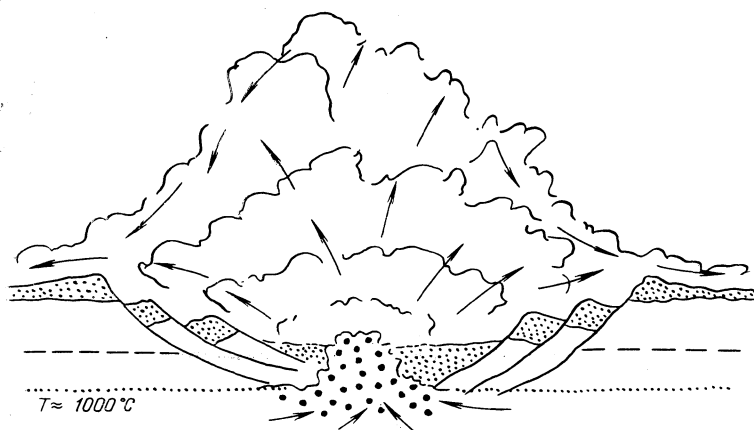
Могли ли удары крупных тел вызвать расплавление вещества Луны или же лава, заполнившая моря, имеет эндогенное происхождение? Чтобы ответить на этот вопрос, Барричелли и Меткаф рассчитали максимальную температуру внутри кратера, образованного в результате удара тела о лунную поверхность. Эта температура зависит от кинетической энергии падающего тела, т. е. его скорости, а также от температуры той области Луны, куда тело упало. По оценкам Барричелли и Меткафа, скорость столкновения Луны с догоняемыми ею спутниками Земли не превышала 2—2,5 км/сек. Если спутник, имеющий температуру 0°С, падает со скоростью 2,4 км/сек на поверхность Луны, причем в месте падения температура поверхности тоже составляет 0°С, то центральная область возникшего кратера разогревается не более чем на 400—500°С. Если же температура верхних слоев лунной поверхности 500°С, то максимальная температура в кратере должна быть 800—900°С. Разогретая до температуры плавления силикатных пород (1250°С) центральные области кратера могут лишь в том случае, если к моменту удара температура лунного вещества достигает 1000°С, а поперечник кратера — не менее 50 км! Таким образом, в больших кратерах и морях лава появится в результате ударов

только тогда, когда оболочка Луны уже близка к расплавлению, т. е. лава должна иметь эндогенное происхождение.

На Луне есть моря, которые были затоплены лавой сразу после удара тела, образовавшего впадину моря, а есть и такие, где излияние лавы, по мнению некоторых ученых, произошло гораздо позднее. К первым относится Море дождей, а ко вторым, как считает известный американский исследователь планет Д. Койпер, — Море Кризисов и Море Ясности. Из внутреннего бассейна Моря дождей произошло самое большое на Луне излияние лавы, затопившей не только впадину моря, но и Океан Бурь, и другие участки лунной поверхности.

А может ли образоваться лава при ударе тел, прилетающих к Луне, например, из пояса астероидов? Такие тела падают на лунную поверхность со скоростью более 10 км/сек, т. е. их кинетическая энергия очень велика. Согласно расчетам Барричелли и Меткафа, уже при скорости падения тела 6 км/сек температура в образующемся кратере достигает 2200°С. При такой температуре силикаты испаряются. Удары астероидов должны вызывать в основном не плавление лунного вещества, а испарение и взрывы, при этом значительная часть вещества должна выбрасываться в пространство или далеко за наружные валы кратеров. При столкновениях астероидов с Луной образовались, по-видимому, кратеры Тихо, Коперник, Кеплер и Аристарх.

Все лунные моря, происхождение которых связывают с ударами спутников Земли, расположены в экваториальном поясе между 30° ю. ш. и 50° с. ш. Это, по мнению Барричелли и Меткафа, свидетельствует о том, что орбиты спутников лежали почти в одной плоскости с орбитой Луны и ее экватором. Предполагается, что последними большими морями, возникшими на обращенной к Зем-



Ударное образование гигантского кратера, при котором происходит излияние лавы из более разогретых глубоких слоев Луны

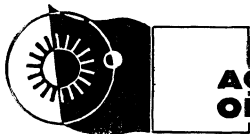
ле стороне Луны, были Море Кризисов (диаметр упавшего спутника 150 км), Море Ясности (210 км) и Море Дождей (345 км). Крупнейший спутник, образовавший Море Дождей, вероятно, разрушился, еще не достигнув лунной поверхности: приливные силы Луны «разорвали» спутник, когда он пролетал внутри предела Роша*. Некоторые обломки спутника, упавшие на лунную поверхность, образовали Залив Радуги, кратеры Архимед и Платон и, быть может, отдельные кратеры вдали от внешнего вала Моря Дождей.

Барричелли и Меткаф оценили вероятность встречи Луны с небольшим периферическим спутником Земли, который обращается по орбите медленно увеличивающегося радиуса. Введя некоторые упрощения, ученые рассчитали, что возмущающее действие Луны на спутник мало, пока радиус лунной орбиты (орбита Луны предполагалась круговой) остается меньше половины большой полуоси орбиты спутника. В противном случае, возмущения Луны изменят эксцентриситет орбиты спутника и станут возможными сближения спутника с Луной. Результаты сближения могут быть различными: либо спутник перейдет с внешней по отношению к Луне орбиты на внутреннюю (или наоборот), либо спутник будет выброшен из сферы влияния Земли, либо спутник столкнется с Луной или с Землей. Для спутника Земли, движущегося случайным образом в гравитационном поле системы Земля—Луна, столкновение с Луной маловероятно. Но для спутника, находя-

щегося на внешней по отношению к Луне орбите, плоскость которой близка к плоскости лунной орбиты, возможность столкновения с Луной значительно увеличивается. При этом, преобладающее число столкновений спутников с Луной приходится на обратную сторону Луны. Спутники с малым наклоном орбит падают преимущественно в экваториальном поясе Луны, поэтому наиболее вероятно образование крупнейших «ударных» морей на обратной стороне Луны. Но на видимой стороне их сейчас больше. Почему?

Барричелли и Меткаф попытались дать ответ и на этот вопрос. Предположим, что в эпоху образования морей вращение Луны было уже заторможенным приливными силами до «связанного» состояния, когда периоды вращения вокруг оси и обращения по орбите совпадают. Удар крупного спутника, который породил Море Дождей, должен был вывести Луну из состояния «связанного» вращения, сообщив ей дополнительный момент. Если удар был сильно наклонным (что весьма вероятно), то Луна могла начать вращаться вокруг оси с периодом 21 сутки. Период вращения уже не равнялся периоду обращения, хотя последний мог быть значительно короче современного месяца, так как Луна в то время находилась ближе к Земле. К Земле должны были поворачиваться оба полушария Луны, пока действие приливных сил вновь не заставило ее превратить вращение в «связанное». Особенности динамической фигуры Луны могли привести к тому, что к Земле навсегда повернулось полушарие, бывшее когда-то «обратной» стороной Луны.

*Подробнее о пределе Роша см. «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г., стр. 13. (Прим. ред.).



Публикуемыми ниже материалами наш журнал начинает обсуждение нового учебника по астрономии для средней школы [автор профессор Б. А. Воронцов-Вельяминов]. Обсуждение, проводимое по рекомендации Пленума ЦС ВАГО (Одесса, февраль 1970 г.), позволит ученым, методистам и учителям астрономии оценить научное содержание учебника, реализацию в нем методических идей новой программы по астрономии, а также выяснить, легче или труднее стало работать учителям и учащимся после выхода в свет нового учебника.

НОВЫЙ УЧЕБНИК ПО АСТРОНОМИИ

Учебник для изучения астрономии в 10 классе средней школы должен сообщать учащимся в компактной форме элементарные и разнообразные сведения из раздела естествознания, который приобретает все возрастающее значение в комплексе знаний каждого образованного человека. Учитывая это обстоятельство, а также то, что на астрономию в средней школе отведено очень мало часов, необходим учебник безукоризненный во всех отношениях. В частности, все формулировки должны быть предельно четки, строги и ясны. К сожалению, учебник «Астрономия» Б. А. Воронцова-Вельяминова, утвержденный Министерством просвещения СССР, этим требованиям не отвечает. В нем встречаются расплывчатые рассуждения, двусмысленные фразы и описания. Часто текст не согласован с рисунками и есть даже прямые ошибки. Недостаточно учтены знания по физике, которыми должны обладать ученики 10 класса.

Перехожу к конкретным замечаниям. Прежде всего, приведу несколько примеров неясных или неверных формулировок. На стр. 8, рассказывая о радиолокации светил, автор замечает, что «по времени прохождения отраженного радиосигнала определяют расстояние до светила». Но время от момента отражения сигнала до его приема определить нельзя. На стр. 11 в тексте длины волн даются в миллимикронах, а на рис. 8 без объяснения в ангстремах. На рис. 14 читаем: «Область созвездия — это род конуса, уходящего в бесконечность». Думаю, что все согласится, что без объяснения это мало понятно. Кеплер (стр. 31) назван австрийским ученым, так же как и Фраунгофер (стр. 88). На стр. 31 про гиперболу сказано, что ее ветви «расходятся наружу». На стр. 37 написано: «Уран — планета, следующая за Сатурном, много

веков считавшаяся последней из планет, была открыта В. Гершелем в конце XVIII в.». Фраза бессмысленна из-за того, что вместо «считавшимся» напечатано «считавшаяся». На стр. 45 говорится, будто шарообразность Земли была доказана только наблюдениями космонавтов. О других доказательствах — ни слова. На стр. 47 сказано, что В. Я. Струве измерил в России и Швеции дугу меридиана от Ледовитого океана до Черного моря. В действительности он измерил дугу в России и Норвегии от Ледовитого океана до Дуная. Период вращения Меркурия (стр. 60) дан неверно: 220 суток вместо 58½. На той же странице читаем: «Венера издавна привлекала к себе особое внимание уже тем, что она лишь немногим меньше Земли по объему и массе». Но объем и масса Венеры стали известны лишь в XVIII—XIX вв., а привлекала она внимание еще в античное время. На стр. 64 еще одна двусмысленность: «Из четырех гигантских планет лучше всего изучен Юпитер, самая большая и ближайшая к Солнцу планета».

Затмения Солнца вычислены вперед на сотни (до 2500 г.), а не на десятки лет, как сказано на стр. 69. Неясное представление вызывают слова на стр. 70: «плоскость лунной орбиты вращается в пространстве». Здесь следовало бы рассказать об узлах лунной орбиты, так как без этого трудно понять, какие условия необходимы для солнечных и лунных затмений. На стр. 71 утверждается, что в европейской части СССР до конца текущего столетия ни одно полное солнечное затмение не будет видимо. Однако полное затмение Солнца можно будет наблюдать 31 июля 1981 г. на Кавказе и в Сибири, 22 июля 1990 г. — в Карелии и районе Белого моря. На стр. 85 солнечная постоянная определена как количество энергии, падающей за 1 минуту на 1 см²

земной поверхности, без упоминаний о поглощении этой энергии в земной атмосфере.

В разделе, посвященном затменно-двойным звездам (стр. 99), автор пишет, что «если спутник большой и заграждает большую часть яркой звезды, а сам дает мало света, то при затмениях свет системы будет уменьшаться мало или этого изменения не будет заметно совсем». Но в действительности происходит наоборот. На стр. 120 сказано: «Угловая скорость вращения звезд от центра Галактики до Солнца почти постоянна, то есть эта внутренняя (!) часть Галактики вращается, как твердое тело». Но вращение Галактики было открыто на основании дифференциального эффекта именно благодаря различию угловой скорости на разных расстояниях от центра, т. е. не твердотельного вращения. На стр. 125 читаем: «у гигантских галактик абсолютная звездная величина около -21 . Существуют галактики-карлики в сто миллионов раз более слабые, с абсолютной величиной до -13 ». Но при различии в блеске в 100 млн. раз разность абсолютных величин достигает 20, а не 8. Кант высказал свою космогоническую гипотезу в 1755 г., а не в XVII в., как говорится на стр. 135.

Я перечислил лишь малую часть неудачных или неверных высказываний. Что касается рисунков, то хотя в полиграфическом отношении они выполнены хорошо, к ним все-таки много претензий. Некоторые рисунки просто неверны, а другие не согласованы с текстом. Так, на рис. 2 изображен 5-метровый рефлектор обсерватории Маунт Паломар (США), который в подписи к рисунку назван телескопом Крымской обсерватории; на рис. 3 зеркала в системе Макуто показаны плоскими. На рис. 34 дуги HA и EF почти равны, а должны разниться по крайней мере в 3 раза, чтобы площади секторов были равны; на рис. 56 внутренние касательные не ограничивают конус полутени на земном шаре. На рис. 80 должен быть указан угловой масштаб, но линейка с делениями там есть, а чисел нет.

Не очень удачен в учебнике и подбор материала. В нем, например, не рассказано о летосчислении и календаре; вопросы измерения времени изложены слишком кратко; нет таких терминов, как звездное и

московское время, и даже такого понятия, как азимут. В учебнике не упоминается явление аберрации света, рефракция и ее влияние на вид Солнца и Луны близ горизонта. Словом, отсутствуют многие фундаментальные понятия. Создается впечатление, что книга недоработана, материал распределен очень неравномерно, много пробелов; многое может быть понято неправильно. Б. А. Воронцов-Вельяминов легко и быстро пишет, но не вдумывается и не проверяет написанное, не старается воспринять его с позиций читателя. Компетентный и внимательный редактор мог бы значительно выправить рукопись, но этого не произошло.

Несколько замечаний о приложениях к учебнику. Некоторые величины здесь даны слишком округленными. Например, на стр. 138 приводится разность между экваториальным и полярным радиусами Земли — 20 км, а в тексте самого учебника (стр. 48) та же разность составляет 21,4 км. В разделе «Указания к наблюдениям» (стр. 140) читаем: «Все светила, кроме Солнца и иногда Луны, можно видеть только вечером». Значит, ночью они не видны? Созвездия Большой и Малой Медведиц, оказывается, нужно находить с помощью подвижной звездной карты. Непонятно, как по фазе и по положению (?) Луны относительно горизонта можно определить основные точки горизонта (стр. 142). Координаты ярких звезд на стр. 139 даны с точностью до 1 сек по прямому восхождению и $0^{\circ},1$ по склонению без указания эпохи равноденствия. Эти координаты, как выяснилось, соответствуют эпохе 1930 г., а к 1970 г. будут отличаться по прямому восхождению примерно на 120 сек и по склонению — почти на $13'$.

Прихожу к печальному выводу, что учебник не соответствует своему назначению. Руководствуясь им, учитель не сможет вести преподавание на должной высоте. А поскольку большинство учителей астрономии — не специалисты в этой области, они вряд ли смогут исправить ошибки, допущенные в учебнике, и пополнить его пробелы.

А. А. МИХАЙЛОВ
академик

ЗАМЕЧАНИЯ О ШКОЛЬНОМ УЧЕБНИКЕ АСТРОНОМИИ

Автор учебника — видный советский астроном, профессор Б. А. Воронцов-Вельяминов широко известен в нашей стране. История преподавания астрономии в советской средней школе неразрывно

связана с именем Б. А. Воронцова-Вельяминова. Первый учебник по астрономии для средней школы написали М. Е. Набоков и Б. А. Воронцов-Вельяминов. Почти четверть века Б. А. Воронцов-Вельями-

нов бесценно был автором школьного учебника, выдержавшего более двадцати изданий.

Рецензируемый учебник написан заново в связи с введением новой программы, утвержденной Министерством просвещения СССР.

Учебник — это не собрание популярных очерков по астрономии, он должен содержать достаточно глубокие сведения из различных разделов науки, чтобы учащиеся могли получить точные представления о современном состоянии астрономии. При этом объем учебника должен соответствовать 35 часам, выделенным на преподавание астрономии в школе.

Перед автором стояла весьма сложная задача: сократить до минимума элементы сферической и практической астрономии, расширить и углубить астрофизические разделы, сложность которых общеизвестна. Для понимания основных положений астрофизики требуется знание оптики и других разделов физики, а также применения математического аппарата.

Автор учебника не следовал буквально за текстом программы. Он кратко изложил некоторые сведения из области сферической астрономии. Например, не давая строгого определения понятию небесной сферы, он поместил чертеж с основными ее линиями и точками. Так что ученик может получить нужные представления об основных понятиях сферической астрономии. То же можно сказать об изложении раздела о системе небесных координат и соотношениях между линиями и плоскостями небесной сферы и земного шара. Графически изображены и суточные пути светил относительно горизонта для наблюдателя, находящегося на полюсе, экваторе и на средних широтах; приведена формула связи высоты светила, географической широты и склонения в момент верхней кульминации к югу от зенита. Эта важная формула программой не предусмотрена, но автор поступил правильно, дав ее простейший вывод для одного из возможных случаев.

Содержание астрофизической части значительно расширено по сравнению со старым учебником. В ней рассматривается ряд вопросов, связанных с современными достижениями астрономической науки, излагаются сведения о магнитном поле Земли. Астрофизическое описание планетной системы сделано с учетом последних открытий.

Подробнее, чем в старом учебнике, рассказано о кометах. Здесь впервые встречается термин «солнечный ветер», который, к сожалению, разъясняется несколько позже — в разделе, посвященном изучению Солнца.

Впервые в астрофизическую часть школьного учебника проникла математика. Чувствуется, что автор, следуя объяснительной записке программы, стремится сделать астрономию курсом, завершающим физико-математическую подготовку учащихся средней школы.

В старом учебнике понятие светимости давалось чисто описательно. В новом же — понятие абсолютной звездной величины подкрепляется формулой связи абсолютной звездной величины, видимой звездной величины и годичного параллакса. Применение этой формулы и формулы для вычисления светимости позволяет учащимся решать многие интереснейшие задачи астрофизики.

Расширен раздел о двойных звездах. Изложен способ определения масс двойных звезд с помощью III закона Кеплера. В разделе о переменных звездах значительно подробнее, нежели прежде, рассказано о цефеидах и роли их в изучении звездной вселенной. Приводятся более подробные сведения о новых и сверхновых звездах, о мощных источниках радиоизлучения, связанных со вспышками сверхновых звезд.

Впервые в учебнике даны методы определения диаметров звезд. Выведена формула для нахождения радиуса звезды как функции светимости и абсолютной температуры.

В заключительном параграфе главы «Солнце и звезды» сделана попытка в доступной форме объяснить важнейшие закономерности звездного мира: зависимости между массой и светимостью, между светимостью и радиусом звезды и, наконец, диаграмму «цвет — светимость».

В главе «Строение Вселенной» есть сведения о Млечном Пути и Галактике, о звездных скоплениях и ассоциациях. Впервые в школьном учебнике рассказывается об О-ассоциациях, о распределении нейтрального водорода в Галактике, о магнитном поле Галактики, о космических лучах и радиоизлучении Галактики.

Кратко излагаются сведения о радиогалактиках и дается понятие о синхротронном излучении. Открытые несколько лет назад квазизвездные источники радиоизлучения также нашли свое место в учебнике.

Отдельные вопросы, выходящие за пределы программы, предлагаются для дополнительного чтения. К ним относятся сведения о компонентах пространственной скорости звезд, о Метагалактике и космологии, о развитии звезд, о работах академика В. А. Амбарцумяна в области космогонии звезд и галактик.

Нужно отдать должное автору учебника, сумевшему кратко и лаконично изложить астрофизическую часть учебника, которая содержит обширный материал из различных современных разделов этой науки.

Так широко астрофизический материал представлен в школьном учебнике впервые. Возникает вопрос: удобоваримо ли все это для ученика, когда так сжаты сроки обучения астрономии? Окончательно ответить на него можно только после некоторого опыта преподавания астрономии по новой программе и новому учебнику. Однако уже и сейчас ясно, что астрофизическая часть чрезмерно велика. Вместе

с тем, при чтении учебника напрашиваются некоторые конкретные замечания, которые мы позволим себе высказать.

Сообщение учащимся готовых формул в некоторых случаях вряд ли может быть оправдано. Автор вынужден был прибегнуть к этому, следуя программе и установленному объему учебника. Вывод формул, как известно, способствует, с одной стороны, развитию логического мышления, а с другой — более глубокому ее пониманию и лучшему запоминанию. Готовая формула воспринимается учащимися догматически. На стр. 95 выведена формула для абсолютной звездной величины, а формула для светимости дана в готовом виде. Между тем вывод формулы для светимости прост и требует всего лишь нескольких строк. Действительно, по определению светимости

$$L = \frac{I_M}{I_\odot},$$
 а поскольку $M_\odot = 5$, то $\frac{I_M}{I_\odot} = 2,512^{5-M}$, откуда $\log L = 0,4 (5 - M)$. То же самое относится к выводу формулы для радиуса звезды на стр. 105. На стр. 101 формула $\log D = 0,2 (m - M) + 1$ также дана без указания на то, как она получена. Выводы и указания к выводам формул, приведенных в учебнике в готовом виде на стр. 10, 32, 97, 101 и 119, следовало бы набрать мелким шрифтом со сноской, где указать, что они даются для ознакомления.

В разделе о кометах на стр. 84 написано, что «метеоры кажутся вылетающими из одного места, называемого радиантом метеорного потока». Учащиеся могут понять, будто бы все метеоры на небосводе имеют только один радиант.

В разделе о переменных звездах и новых звездах на двух-трех страницах втиснуто такое количество сведений, что, по нашему мнению, доступность этого материала для изучения на двух-трех уроках весьма сомнительна. Некоторые сведения изложены исключительно сжато. Например, несколько строк, посвященных цефеидам, включают и кривую изменения блеска, и изменения спектрального класса, и колебания лучевой скорости, и зависимость «период — светимость», и т. д.

Аналогичные замечания напрашиваются к разделу о важнейших закономерностях звездных характеристик. Здесь на одной странице изложены зависимости «масса — светимость», «радиус — светимость» и диаграмма «цвет — светимость». Описывая последнюю, автор указывает, что по оси абсцисс откладываются спектральные классы или соответствующие им логарифмы температуры, или цвет. Но о спектральных классах в учебнике в соответствии с программой не упоминается, поэтому обозначения O5, B0, A0 и т. д. на рис. 88 останутся непонятными учениками. Здесь снова лаконичность изложения оказывается обманчивой. Только один этот параграф требует отдельного урока, а то и двух, для обстоятельных объяснений сути диаграммы «цвет — светимость», зависимости $L = R^5$,² и $L \approx R^3$.⁹ (И, во-

обще, следует ли эти зависимости в виде формул давать в средней школе?)

Мы не можем поставить в вину автору тот факт, что вопросы сферической и практической астрономии освещены явно недостаточно. В этом отношении он сделал больше чем мог, поскольку новая программа почти полностью исключает эти разделы. Целая серия прекрасно выполненных рисунков по сферической астрономии не имеет в тексте надлежащих объяснений, а стремление до предела сжать текст этой части курса приводит к тому, что некоторые положения не могут быть признаны приемлемыми. Так, на стр. 20 сказано, что Солнце за 365 суток делает оборот на фоне звездного неба. Подобное округление вряд ли может быть оправдано в 10 классе, где не лишне было бы подчеркнуть, что год и сутки несоизмеримы. Один из принципов дидактики требует не сообщать учащимся тех сведений, от которых при более глубоком изучении предмета приходится отказываться. Поэтому мы не можем согласиться с целесообразностью выражения: «...за сутки, за время одного полного оборота небесной сферы, Солнце успевает сдвинуться к востоку...» (стр. 20). Поскольку о звездных сутках в учебнике вообще не упоминается и промежуток времени для полного оборота небесной сферы фиксируется по Солнцу, то сдвиг Солнца относительно Солнца не происходит. Как видим, попытка обойти понятие звездных суток сопряжена с рядом неточностей, ведет к путанице и не упрощает, а усложняет изложение материала. Это недостаток программы.

На стр. 21 указано, что «эклиптика дважды пересекает экватор. Это бывает 21 марта и 23 сентября». Здесь снова стремление к сокращению приводит к искажению сути. Получается, что не Солнце дважды пересекает экватор, а две линии на карте (или на небесной сфере) пересекаются два раза в год.

В учебнике в соответствии с новой программой не нашлось места для сведений о календаре. А раздел о календаре, несомненно, должен быть включен.

Рассказ на первых уроках о применении спектрального анализа в астрономии, как это рекомендовано программой, вряд ли будет увлекательным. В курсе физики 10 класса оптика изучается в третьей четверти. Никаких подготовительных сведений о волновой теории света учащиеся не имеют, поэтому параграф «Применение спектрального анализа» не будет ими понят. По сути дела за один урок они должны усвоить материал первых восьми страниц текста со схемами телескопов, с понятием о фотометрах, радиотелескопах, видах спектров, коротковолновом радиоизлучении, принципе Доплера — Физо в оптике, термоэлементах и обсерваториях. Не многовато ли?

Сделаем еще несколько мелких замечаний. На стр. 22 сказано: «Большой круг эклиптики пересекает большой круг экватора под углом 23°27'. На

столько градусов летом Солнце может быть над горизонтом выше, чем небесный экватор, и на столько же ниже его в полдень зимой, в дни летнего, 22 июня, и зимнего, 22 декабря, солнцестояний». (Разрядка наша — И. Б.) Это длинное предложение будет с трудом восприниматься учащимися.

На стр. 26. можно прочесть, что «границы часовых поясов часто проходят по естественным рубежам». Следовало бы подчеркнуть, что границы проведены с учетом административного и государственного деления территории. Это наглядно видно на прилагаемой карте часовых поясов СССР.

На стр. 52 даны параллакс Солнца и величина астрономической единицы в километрах. Нам представляется целесообразным принять $\rho_{\odot} = 8'',79$ и

расстояние до Солнца 149 600 000 км. Эти величины утверждены в 1964 г. на XII съезде Международного астрономического союза. С 1970 г. «Астрономический ежегодник» уже будет пользоваться ими.

На стр. 121 сказано, что «американский астроном Хаббл в XX в. получил...». Поскольку мы живем в XX в., то следовало бы эту дату уточнить.

В общем, учебник отражает новое направление в преподавании школьного курса астрономии, которое делает упор на астрофизические вопросы. Насколько целесообразна такая перестройка — покажет будущее.

И. Ф. БОЯРЧЕНКО

доцент

И. Д. ИЛЬЕВСКИЙ

доцент

СОВЕЩАЮТСЯ ПРЕПОДАВАТЕЛИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ

В сентябре 1969 г. в Иркутске проходила очередная (XII) зональная конференция преподавателей физики, методики физики, астрономии и общетехнических дисциплин педагогических институтов Урала, Сибири и Дальнего Востока.

В работе одной из четырех секций — астрономической — приняли участие представители педвузов не только Урало-Сибирской зоны, но и европейской части РСФСР (Москва, Владимир, Горький, Орехово-Зуево и др.), Казахской ССР, а также специалисты в области методики преподавания астрономии в высшей и средней школе. На заседаниях этой секции было заслушано и обсуждено 20 докладов.

Конференция открылась пленарным заседанием, на котором выступил с докладом («О системе постепенного формирования основных понятий астрономии и космонавтики в общеобразовательной средней школе»*) ученый секретарь учебно-методической секции ЦС ВАГО кандидат педагогических наук Е. П. Левитан. Учитывая все возрастающую научную и мировоззренческую роль достижений современной астрономии и космонавтики, конференция сочла необходимым просить Академию педагогических наук СССР и учебно-методическую секцию ЦС ВАГО обсудить проблемы, поставленные в докладе Е. П. Левитана, и привлечь к их решению преподавателей педагогических вузов

и средних школ.

В докладах, заслушанных на заседании секции, рассматривались частные методические вопросы (Е. И. Ковязин, Ф. И. Порошин, Е. Г. Демидович, Е. К. Страут и др.), предлагалось ввести новые факультативные курсы по радиоастрономии (В. Г. Непогодьева), а также были охарактеризованы актуальные направления научно-методических исследований в области методики преподавания астрономии в средней школе (Е. П. Левитан).

Переход на новую программу по астрономии сопряжен с определенными трудностями. До сих пор нет столь нужных учителям астрономии методических руководств, соответствующих новой программе и новому школьному учебнику, а сам учебник, хотя и существенно переработан, не лишен методических и научных ошибок. Широкое обсуждение нового учебника, организованное Академией педагогических наук СССР, учебно-методической секцией ВАГО с привлечением общественности, по мнению выступающих, помогло бы выявить его неточности и избежать их повторения в преподавании.

Ряд докладов был посвящен улучшению подготовки будущих учителей астрономии в педвузах. Выступившие затронули вопросы формирования материалистического мировоззрения студентов (Е. П. Разбитная), организации спецкурсов (О. П. Чайко), лабораторных занятий и семинаров по астрономии (З. А. Галягузова, Е. А. Корякина), привлечения студентов к научной работе (А. Б. Маринбах) и т. д. Хотя уровень преподавания аст-

рономии в педвузах повысился, научно-методическая работа по астрономии пока не координируется, мало освещается в печати. Обмен опытом между участниками конференции, безусловно, поможет выработать меры, направленные на улучшение подготовки будущих учителей астрономии.

С докладом о перспективах создания и использования учебно-наглядных пособий и школьного оборудования по астрономии выступила сотрудница Научно-исследовательского института школьного оборудования и технических средств обучения Э. Ф. Бражникова. В докладе отмечалась необходимость совершенствования учебного оборудования по астрономии, подробно рассказывалось о работе экспертной Комиссии по астрономии этого нового института Академии педагогических наук СССР.

Важность и актуальность постановки данных вопросов несомненна. И если для средней школы уже разработали перечень типового учебного оборудования и в 1970—1975 гг. школы будут постепенно оснащаться этими приборами, то в пединститутах материальная база по астрономии не соответствует требованиям учебного процесса. Для пединститутов также нужно разработать перечень типового астрономического оборудования.

Из нескольких научных докладов, которые заслушали участники конференции, отметим доклад доцента А. А. Каверина, который был посвящен терминологии солнечных и лунных затмений.

Е. А. КОРЯКИНА
кандидат педагогических наук

* См. «Земля и Вселенная», № 5, 1969 г., стр. 72. (Прим. ред.)



ВСЕ МОЖЕТ БЫТЬ...

В. КОМАРОВ

ФАНТАСТИКА

До выхода из подпространства оставалось всего полторы минуты. И вдруг что-то произошло. Метнулись, словно испугавшись, стрелки приборов, выскочили за шкалы, уперлись в ограничители, задрожали. Откуда-то изнутри звездолета вырвалось глухое гудение. Оно угрожающе нарастало, превращаясь в раздирающий пронзительный свист. Казалось, сейчас лопнет металл. За толстыми полупрозрачными щитками иллюминаторов вспыхнуло ослепительно-синее сияние.

Но люди ничего этого не видели и не ощущали. Они лежали в ионизационных ваннах под наркозом, нечувствительные к происходящему. Звездолет вели автоматы.

Свист достиг невыносимо-высокой ноты и резко оборвался. Тотчас вернулись к прежним делениям многочисленные стрелки. И непроницаемо-мертвый мрак подпространства сменился живой чернотой обычного мира, пронизанной сиянием бесчисленных звезд...

Три человека нетерпеливо всматривались в экран. Шесть лет назад в этой же рубке они, прижавшись

друг к другу, также молча наблюдали, как в серовато-голубой дымке неотвратимо таяло изображение Земли. Тогда их было пятеро.

После шестилетних космических скитаний они возвращались к родной планете.

Шесть лет... А там, на Земле, по их подсчетам, прошло тридцать.

— Земля... — выдохнула Ола.

Напряженно они следили за маленьким, медленно увеличивающимся голубоватым кружком в центре экрана. Но обычной радости возвращения почему-то не было. Может быть потому, что где-то там, за мертвым провалом подпространства они оставили двух товарищей. Но, в конце концов, космос требует жертв, и они знали на что идут.

Угнетало другое: не колеблясь они отдали тридцать земных лет ради идеи, но ничего не достигли. Позади десятки планет и нигде ни одного разумного или просто живого существа.

— Зачем? — Ола сжалась и стиснула пальцами край пульта. — Зачем все? Чтобы вернуться к самому началу?

Анс был старше и опытнее своих товарищей. И для него это была уже вторая «звездная» экспедиция и — второе разочарование. Он прекрасно понимал, о чем сейчас думают его спутники. И сказал,

словно ни к кому не обращаясь, но это был ответ на слова Олы:

— В науке любой результат, даже отрицательный — это результат.

Рон порывисто отвернулся от экрана и, не глядя на Анса, сухо произнес:

— Зачем? Ты ведь не хуже меня знаешь, что к данному случаю это неприменимо. Что мы узнали? Что на двадцати трех планетах нет живых организмов. Но ведь это не исключает, что на двадцать четвертой они могут существовать. У нас нет никакого результата, Анс.

— Однако, вероятность...

— Оставь. Ты просто ищешь подтверждения своим теориям. А мы... мы с Олой летали за другим.

Анс не ответил. Да и что говорить, ведь Рон прав. Как математик Анс знал, что вероятность существования планет, населенных высокоразвитыми разумными существами, невелика. И даже провел сенсационное исследование, доказав, вопреки всеобщему мнению, что Земля — единственная обитаемая планета. И в то же время, несмотря ни на что, участвовал в поисках других цивилизаций, горел и надеялся, и всякий раз, когда его пессимистические формулы все же оправдывались, испытывал самое искреннее разочарование. Временами Анс не мог понять себя — словно в нем жили два Анса: и если один тяжело переживал каждую неудачу космического поиска, для другого, — Рон был совершенно прав — для другого они лишь служили подтверждением его вычислений. И, вообще, математика многому научила Анса. Она сделала его рассудительным и неторопливым.

А Рон был нетерпелив и горяч.

— Да, мы с Олой летали за другим, — повторил он.

Анс молча отошел к прозрачному шкафу центрального контрольного регистратора, отмечавшего показания приборов, и стал просматривать ленту. Брови его приподнялись и лицо приняло удивленно-сосредоточенное выражение. Он всмотрелся в запись, потом дернул ленту назад, просмотрел ее вновь и пожал плечами.

— Входим в зону, — коротко сообщил Рон. — Ориентация?

Анс оставил ленту и прильнул к окуляру астронавигатора.

— Курс? — спросил Рон, держа руки на кнопках ручного управления.

Анс молчал.

— Курс? — повторил Рон.

Анс молчал.

— Что случилось?

— Что-то не в порядке с прибором, — неуверенно сообщил Анс. — Ола, как там со связью?

— Координационный центр не отвечает, — отозвалась Ола.

— Подождем, — спокойно решил Анс. — А пока возьмем курс по головной телеустановке.

Наступило самое томительное время — последние часы полета.

Наконец Рон, взглянув на шкалу радиовысотомера, сообщил:

— Входим в зону!

Он нажал на пульте кнопку, приводя в действие систему предпосадочного контакта. Звездолет послал условные сигналы, оповещавшие наземные станции о своем приближении.

Теперь все трое неотрывно смотрели на глазок индикатора над пультом. Сейчас Земля поймает звездолет в конус радиоволн и возьмет управление на себя. Эта операция была давным-давно отработана

до совершенства, и все трое заранее знали, что произойдет. Еще минута-полторы и контрольный глазок замерцает изумрудными вспышками, а это будет означать, что полет фактически закончился, если не для звездолета, то, во всяком случае, для них. Все остальное сделает Земля.

Но прошло не меньше трех минут, а глазок все еще оставался безжизненным.

— Что там?! — раздраженно сказал Рон.

— Попробуй связаться с космодромом, Ола, — предложил Анс.

— Пробую, — отозвалась Ола, — не отвечают.

— Странно, — пробормотал Анс. — А вообще что-нибудь слышно?

— Музыка. Похоже на джаз. И какие-то голоса. Но трудно разобрать.

— Определи положение «орбитальных», Рон, — распорядился Анс. — Придется причаливать самим.

Рон метнулся в локационную рубку, но через минуту вновь появился в командном отсеке. Вид у него был растерянный.

— Послушай, Анс! Орбитальных нет!

— Что значит, нет? Они движутся по новым орбитам?

— Их нет совсем.

— Странно, — задумчиво сказал Анс и, словно отвечая собственным мыслям, добавил: — Возможно, за эти годы на Земле изменилась система посадки?

— Но ведь приземлиться сами мы не можем, — сказала Ола.

— Оставим звездолет на круговой орбите, — решил Анс, — а сами опустимся в аварийной ракете... Что-то не очень приветливо встречают нас потомки.

Все было готово к спуску. Оставалось только задраить люк и нажать пусковую кнопку. Но перед тем как покинуть звездолет Анс еще раз заглянул в командную рубку. Он подошел к центральному регистратору, просмотрел ленту, оторвал от нее довольно длинный кусок, аккуратно свернул в трубочку и спрятал в карман комбинезона.

Ракета приближалась к Земле. До ее поверхности оставалось не больше ста километров, но на сигналы по-прежнему никто не отзывался. Зато передачи земных радиостанций были теперь слышны гораздо отчетливее. Ола включила динамик и ракету наполнили веселые мелодии джаза. Вращая ручку настройки, она быстро прошла по всем диапазонам — везде звучала только музыка.

— Можно подумать, у них какой-то всеобщий праздник, — предположила она.

— Похоже, — раздраженно отозвался Рон. — Может быть, теперь на Земле только и делают что веселятся. Иначе чем объяснить их молчание?

— Тридцать лет — большой срок, — задумчиво сказал Анс. — Тем более в наше стремительное время.

— Что же будем делать?

— Садиться. Лучше всего на тридцать второй космодром в Средиземном море, если, разумеется, он еще существует.

— Куда же он мог деться? — удивился Рон. Это же дежурный космодром, специально предназначенный для приема экспедиционных кораблей.

Анс пожал плечами.

— Все может быть... Идем на посадку!

— Словно на чужую планету, — горько заметила Ола.

Рон взглянул на циферблат прибора, хранившего со дня отлета время нулевого меридиана Земли. 8 часов 16 минут. Он привычно поймал Солнце визиром и нажал кнопки на пульте. Все остальное должна была выполнить автоматика.

Ракета послушно развернулась и плавно вошла в слой облачности. Трое напряженно смотрели на контрольный экран.

Когда серая пелена рассеялась, они увидели, что космодрома нет, а под ними сплошная водная поверхность. Ракета медленно спускалась...

Анс наклонился к пульту и перевел рукоятку, меняя режим работы двигателей. Но на этот раз ракета не послушалась и продолжала спуск.

— Аварийный комплект, лодку! — приказал Анс.

Покачиваясь на легкой волне, они смотрели, как оранжево-белая, полосатая труба посадочной ракеты исчезает под водой. Она погружалась вертикально, словно монумент. Вынырнул и закачался буй, обозначивший место, где затонула ракета.

Рон обвел взглядом горизонт и глубоко вдохнул воздух:

— Земля...

— Вода, — уточнила Ола.

— Как бы там ни было, — сказал Анс, — наше путешествие окончено. А ну-ка, Ола, может быть теперь удастся связаться с какой-нибудь базой.

Ола достала из герметического ящика портативную рацию и послала в эфир позывные звездолета. Но ответа по-прежнему не было.

— Куда же все-таки пропал космодром? — спросил Рон.

— Возможно, накопилась ошибка в молекулярном генераторе, — предположил Анс, — и в результате мы неправильно определились.

— В генераторе? — удивилась Ола. — За шесть лет? В худшем случае какая-нибудь тысячная секунды...

Анс ничего не ответил; он провел рукой по карману комбинезона, где лежал рулончик с записью контрольного регистратора.

— А вы ничего не чувствуете? — тревожно спросила Ола.

Анс и Рон вопросительно посмотрели на нее.

— Дышать как-то тяжело, словно мы на большой высоте.

— В самом деле, — согласился Рон. — Я тоже ощущаю какое-то стеснение.

— Может быть, мы на каком-нибудь высокогорном озере? — предположила Ола.

— Что-то не знаю я горных озер такого размера, — с сомнением сказал Анс.

— Но твои знания тридцатилетней давности, — возразил Рон. — Тогда многого могло не быть.

— Вот что, — решил Анс, глядя на хмурое нависшее над водой небо, — придется воспользоваться старинным способом. Выберем направление по компасу и двинемся. Есть же, в конце концов, у этой «воды» где-нибудь берег. А к ночи, может быть, очистится небо, тогда определимся по звездам.

Но и ночью, и на следующее утро небо оставалось все таким же беспросветно-серым. Берег тоже не показывался.

Несколько раз высоко пролетали самолеты, должно быть рейсовые. Рон пускал ракеты, но они, видимо, не привлекли внимания.

В середине второго дня их подобрал большой океанский лайнер. На его белоснежном борту неизвестными буквами было что-то написано.

Команда и пассажиры говорили на каком-то



странном языке, напоминавшем смесь английского, русского и французского, да еще с добавлением каких-то африканских наречий. Но, как ни удивительно, смысл речи был понятен. В свою очередь люди на борту, видимо, тоже без особого труда понимали язык путешественников. Однако никто из них о чем не спрашивал, их просто провели в свободную каюту, перенесли из лодки вещи.

— Можно подумать, — сказал Рон, — что такие встречи в океане происходят чуть-ли не каждый день.

— А меня больше удивила их речь, — заметила Ола. — Уж не изобрели ли за наше отсутствие какой-нибудь единый язык?

В дверь постучали. В каюту вошел высокий представительный седой человек в белом кителе со сверкающими пуговицами — настоящий морской капитан.

— Рад приветствовать вас на борту «Амадеи», — произнес он весьма учтиво. — Что с вами произошло? Кораблекрушение? Может быть, авиационная катастрофа?

— Мы возвращались из космического полета, — объяснил Анс, — и вынуждены были сесть в океан. Капитан почему-то натянуто улыбнулся и внимательно оглядел Анса, потом Рона и Олу.

— Не понимаю, чему вы улыбаетесь? — не выдержал Рон. — Тут нет ничего смешного. Мы отсутствовали тридцать лет.

— О, да, да, — закивал капитан. — Я понимаю, понимаю.

— Прошу вас, — официальным тоном произнес Анс, — сообщить о нашем прибытии.

— О, да, да, разумеется, — снова закивал капитан, как-то странно при этом улыбнувшись. — Разумеется.

— Нельзя ли узнать, чей это корабль и куда мы плывем? — осведомился Анс.

— И какой год? — добавила Ола.

Но капитан только хитро прищурился и, вежливо поклонившись, молча вышел из каюты.

— Что-то не нравится мне все, — заметил Рон, когда дверь за капитаном закрылась. — Не слишком ли много неясностей?

— Я пойду наверх и постараюсь найти кого-нибудь поразговорчивее, — предложила Ола.

— Подождем, — решил осторожный Анс. — Рано или поздно все выяснится.

До утра их больше никто не беспокоил.

После завтрака снова явился капитан и коротко сообщил, что днем корабль прибудет в порт. От подробного разговора он опять уклонился и вежливо попрощался.

Последние часы вынужденного плавания тянулись особенно долго. Рон и Ола дремали на своих койках. Анс присел к столу и развернул обрывок ленты регистратора...

Наконец корабль вошел в гавань. Дверь каюты была открыта, и космонавты, не дожидаясь приглашения, поднялись наверх.

Хотя их ярко-оранжевые комбинезоны довольно резко отличались от светлой одежды большинства пассажиров, на них никто не обратил внимания.

На палубах царила обычная суета, вызванная прибытием в большой порт, и космические путешественники с трудом нашли свободное место у борта.

— Опять что-то незнакомое, — заметил Рон, бросив взгляд на берег, где уходили в облака прямые линии громадных серых зданий.

— Похоже на Нью-Йорк, но это не Нью-Йорк, — сказала Ола.

— А другого подобного города я что-то не припомню, — задумчиво произнес Анс.

— Но за тридцать лет его вполне могли построить, — возразил Рон. — Разве не так?

Анс промолчал.

Когда «Амадея» пришвартовалась, на борт поднялся человек в форменной одежде и подошел к ним. Он представился служащим городского управления и сообщил, что ему поручено проводить их в гостиницу.

Доставив космонавтов в отель, провожатый сказал, что утром следующего дня их примет Главный ученый эксперт.

Нетерпеливый Рон предложил сейчас же пойти в город, но Анс отговорил. В самом деле, в своих комбинезонах они выглядели бы на улицах, по меньшей мере, нелепо. Другой одежды у них не было. Не было и денег. Хорошо еще, что с них не требовали платы за еду.

— Потерпим до завтра, — сказал Анс. — Возможно, утром что-нибудь прояснится.

Вечером Рон и Анс вышли на балкон. С океана дул свежий ветерок, но небо по-прежнему оставалось свинцовым. Где-то в темноте глухо рокотали волны.

— Послушай, Анс, — сказал Рон, — и все-таки не слишком ли много странностей за два дня? Пропавший космодром, пониженное давление, странный язык, неизвестный город, да и не слишком торжественная встреча для людей, возвратившихся из такой экспедиции. Какой-то служащий городского управления...

— Кто знает, может быть, для них подобные события стали обычным делом?

— Сомневаюсь. Я заметил нечто совсем противоположное. Автомобиль, на котором мы ехали, был явно менее совершенным, чем машины нашего времени. И лайнер, и самолеты, которые над нами пролетали... Ты обратил внимание, что нигде нет ни одного изображения ракеты? А ведь в наше время ракета была эмблемой века... Анс, мне кажется, они вообще не знают ракет. Что случилось, Анс? Неужели за это время они ушли назад?

— Видишь ли, Рон, — медленно сказал Анс. — Что-то произошло, когда мы выходили из подпространства. — Он достал ленту регистратора и развернул ее прямо на перилах балкона. — Смотри. Видишь этот разрыв в записи?

— Что же ты молчал? — удивился Рон.

— А что я мог сказать? — ответил Анс. — Я и сейчас не знаю ничего определенного.

— Но если даже что-то и произошло, — с напряжением в голосе сказал Рон, рассматривая ленту, — ведь это могло повлиять только на нас, а не на них.

— Не знаю. Во всем этом еще предстоит разобраться.

Где-то внизу, в городе, пробило полночь. Рон машинально взглянул на свои часы.

— Еще одна загадка! — воскликнул он удивленно.

Анс вопросительно вскинул брови.

— Вчера, когда нас подобрали, — объяснил Рон, — я поставил часы по корабельным. А сегодня в порту увидел, что они спешат на целых двадцать минут. Я еще раз перевел стрелки. Но сейчас они снова ушли вперед на восемь минут. Восемь минут, Анс! А ведь это хронометр с кварцевым стабилизатором.

— Возможно, и на твои часы повлияло это, — Анс кивнул на ленту регистратора.

— Не понимаю, почему бы нам не расспросить кого-нибудь: какой сейчас год, что за город, в какой стране мы находимся, наконец?

— Происходит нечто не совсем обычное, — медленно

но произнес Анс, подбирая слова.— Лучше не торопить события.

— Смотри Анс, смотри! — Рон схватил его за руку.

Тучи наверху постепенно рассеивались. В разрывах облаков уже можно было видеть отдельные звезды. Их становилось все больше. Рон и Анс с напряженным волнением всматривались в небо. Вдруг сильный порыв ветра прогнал последнее облако и над ними, словно раскрылся занавес в театре, в перво-

зданном великолепии сияли звезды.

Рон и Анс замерли. Каждый из них уже понял, но нужно было время, чтобы догадка окрепла в сознании.

В прозрачной вышине над их головами расстилось совершенно чужое небо.

— Это — не Земля, — прошептал Рон. — А ты, Анс, ты догадывался?

— Догадывался. Но предположение казалось неправдоподобным: самолеты, лайнер, люди — слишком большое сходство.

— Да, да, самолеты, люди, — Рон был явно растерян. — Но это ведь не может быть, Анс?

— Что есть — то есть! — твердо сказал Анс. — Удивительному можно удивляться, но приходится мириться. Тут уж ничего не поделаешь.

— Но мы даже не знаем, как оказались на этой нелепой планете? — голос Рона дрожал. — Ведь это значит, что мы не можем вернуться на Землю.

— Это особый вопрос, — мягко сказал Анс. — Возможно, нам удастся расшифровать запись регистратора. Но почему «на нелепой планете»? Мы все-таки нашли себе подобных! Ты же сам об этом мечтал.

— Даже слишком подобных, — пробормотал Рон.

В полумраке балкона мелькнула тень.

— Ола?

— Я все слышала, — прошептала девушка.

Они стояли рядом и смотрели на лежащий у их ног сверкающий огнями город — неземной город!

Ола первая нарушила молчание:

— Нет, нет, все слишком неправдоподобно! Я скорее готова согласиться с тем, что переместились звезды на небе, что случилось что-то с людьми. Здесь почти так же, как на Земле. Разве может быть все это простым совпадением?

— Нет, Ола, это не простое совпадение, — сказал Анс. — Сходство, о котором ты говоришь, понять можно. Видимо, жители этой планеты развивались почти в таких же условиях, что и земляне. Здесь действуют те же физические законы, их проявления почти одинаковы с земными. И нет ничего удивительного, что их ученые и инженеры пришли к таким же примерно научным и техническим решениям.

— А как ты объяснишь — вмешался Рон, — что именно мы благодаря чисто случайному стечению обстоятельств попали как раз на ту самую планету, где обитает не просто цивилизация, а почти земная цивилизация.

— Если во всей Матагалактике есть хотя бы одна такая планета,



то вероятность попадания уже не равна нулю. А если вероятность не равна нулю,— событие, в принципе, может произойти. И лучшее доказательство — это то, что оно действительно произошло.

— Это все вместе взятое просто невероятно,— сказала Ола,— особенно сходство языков.

— Не слишком ли мы удивляемся редким явлениям,— медленно произнес Анс, как бы рассуждая вслух сам с собой.— Если задуматься, удивительнее как раз то, что много раз повторяется.

— Что ты хочешь этим сказать?— не понял Рон.

— Какой-нибудь новый космический объект, единственный в своем роде, вызывает шок у астрономов. А изобилие похожих друг на друга звезд и галактик представляется им естественным. Но не удивительнее ли то, что в различных областях Вселенной образуются почти одинаковые звезды и галактики?

Анс провел ладонью по лицу:

— Я должен подумать, Ола. Я должен подумать.

Когда на следующее утро их представили Главному ученому эксперту, Анс без всяких предисловий объяснил:

— Мы прилетели к вам с другой планеты и хотим установить контакт с вашей цивилизацией.

Главный ученый эксперт, весьма напоминавший земного академика классических времен, услышав эти слова, не удивился, как можно было ожидать, а улыбнулся точно такой же улыбкой, что и капитан лайнера. Пожевав губами, он монотонно произнес:

— Ваша версия вызывает вполне законные сомнения. Большинство ученых считают, что никаких других разумных цивилизаций не существует вообще. Что же касается предположения о том, что к нам могут прилететь инопланетные космонавты, как две капли воды похожие на нас самих, то согласитесь сами, оно выглядит просто смешным.

— Можете смеяться,— вежливо сказал Анс,— мы в самом деле с другой планеты.

— Тогда не попытайтесь ли вы объяснить этот парадокс, молодой человек?— все тем же безразличным тоном произнес эксперт.

— Попытаюсь,— спокойно сказал Анс.— Ведь это парадокс не только для вас, но и для нас. Я ждал этого вопроса и думал над ним.

В бесцветных глазах эксперта мелькнуло что-то похожее на интерес.

— Во Вселенной множество однотипных звезд и однотипных галактик,— продолжал Анс,— разве не логично предположить, что должно существовать и достаточно много однотипных планет?

— Логично,— согласился эксперт.

— Но почему же в природе возникают однотипные объекты? Да потому, что мир един, и в сходных физических условиях действуют одни и те же законы.

— Не спорю,— апатично заметил эксперт.— Я говорю об этом своим студентам на первом курсе.

— Значит, вы должны согласиться со мной. Так вот, пути эволюции определяются фундаментальными законами, а ее результаты зависят от устойчивости. Выживают только устойчивые объекты. А в сходных условиях они должны быть одинаковыми.

По мере того как Анс говорил, искорка интереса, вспыхнувшая было в глазах эксперта, безнадежно угасала.

— М-да, строго научно,— пробормотал он с кислым видом.— Но ведь об этом написано в каждом учебнике.

— Вот и прекрасно,— сказал Анс.— Почему же вы тогда сомневаетесь?

— Такова теория,— устало произнес эксперт, словно ему приходилось объяснять это тысячи раз.— Но она, увы, не подтверждается фактами.

— Мы и есть тот факт, который ее подтверждает,— улыбнулся Анс.

— Этот факт слишком невероятен для такой вероятной теории.

— Ах, вот что...— Анс, кажется, начал понимать.— Вы хотите, чтобы теория была невероятной? Пожалуйста, у меня есть и другое объяснение. Боюсь, что оно покажется вам слишком фантастическим.

Эксперт скептически улыбнулся.

— Я вас слушаю.

— Почему из одной клетки развивается собака, а из другой кошка? Вероятно, об этом тоже написано в ваших учебниках. Генетический код — не так ли? Программа развития, записанная в хромосомах. А нельзя ли предположить, что подобная программа существует и у неживой природы?

— Весьма любопытная мысль,— эксперт явно заинтересовался.— Но где же записана эта ваша программа?

— Скорее всего на уровне элементарных частиц. Может быть, во внутренней структуре протонов или нейтронов, или каких-нибудь фундаментальных частиц, из которых состоят остальные.

— Хм!

— Теперь вам понятно, почему природа повторяется, почему существуют две похожие планеты? И, видимо, еще много таких же планет.

Рон и Ола с удивлением смотрели на Анса.

Но эксперт удовлетворенно откинулся на спинку кресла.

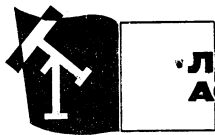
— Вот это совсем другое дело, стройно и красиво,— произнес он с таким видом, словно распробовал новый неизвестный деликатес.— Теперь первое условие можно считать выполненным.

Анс не понял, что хотел сказать эксперт, и поэтому дипломатично промолчал, выжидая.

— Надеюсь, кроме этих, весьма интересных соображений,— вежливо продолжал эксперт, повернувшись к Ансу,— у вас есть и более веские доказательства?

— К сожалению, наша посадочная ракета затонула в море. И хотя место отмечено буем, вряд ли возможно ее поднять на поверхность.





Мы уже рассказывали о том, как построить простейший зеркальный телескоп системы Ньютона (см. «Земля и Вселенная», № 4, 5, 1965 г.; № 1, 2, 5, 1966 г.; № 4, 6, 1967 г.). Автор публикуемой ниже статьи построил два более сложных телескопа системы Кассегрена. Надеемся, что его опыт будет полезен многим телескопостроителям.

Как построить телескоп системы Кассегрена

В телескопе системы Кассегрена кроме главного параболического зеркала есть еще и вспомогательное — гиперболическое. В отличие от телескопов системы Ньютона, где вместо диагонального плоского зеркала любители обычно ставят призму полного внут-

реннего отражения, вспомогательное зеркало в системе Кассегрена незаменимо. Изготовление и испытание этого зеркала вызывает наибольшие трудности у телескопостроителей.

При расчете системы Кассегрена исходят

— Так, так,— сказал эксперт, снова скептически улыбнувшись.— Понимаю.

— Но мы оставили свой звездолет на орбите искусственного спутника,— невозмутимо продолжал Анс.— На нем есть запасная посадочная ракета и, если это необходимо для доказательства, мы в любой момент можем вызвать ее сюда.

— Хорошо,— согласился эксперт.— Завтра в полдень!

Анс молча поклонился.

В машине Рон спросил:

— Ты в самом деле веришь в эту фантастическую гипотезу?

Анс помолчал немного, потом произнес туманно:

— Как сказал один великий поэт: надо постулировать невозможное, чтобы достичь невозможного.

На следующий день за городом собралось множество людей. Ровно в полдень появился Главный эксперт и с ним представители властей и ученые.

Трое землян вышли на специально огороженную площадку. Ола, настроив свой портативный передатчик, послала радиокоманду на звездолет.

Воцарилась тишина напряженного и терпеливого ожидания.

Прошло минут пятнадцать. И вдруг где-то в высоте родился тонкий мелодичный свист. Быстро увеличиваясь в размерах, спускалась посадочная ракета. Вот она мягко коснулась почвы и величественно застыла.

Раздались аплодисменты, приветственные крики. Над толпой взлетали разноцветные огни фейерверка.

Земляне стояли рядом со своей ракетой и ждали.

От группы, возглавляемой Главным ученым экспер-

том, отделились трое. Торжественным шагом они двинулись к посланцам Земли. Шедший впереди нес на вытянутых руках какую-то плоскую коробку, обтянутую блестящей розовой материей.

Приблизившись к космонавтам, он открыл коробку, достал из нее три большие медали с яркими зелеными лентами и торжественно надел их на каждого из гостей.

— Знаменательно,— шепнул Рон.— Первый межкосмический контакт.

Между тем награждавший передал коробку одному из своих спутников и поднял руку. Вокруг воцарилась тишина.

— Друзья! — произнес он в микрофон, который ему мгновенно поднесли.— Друзья! Сегодня я имею удовольствие наградить почетными медалями трех наших сограждан...

— Что он говорит? — удивился Рон, но Анс крепко стиснул ему руку..

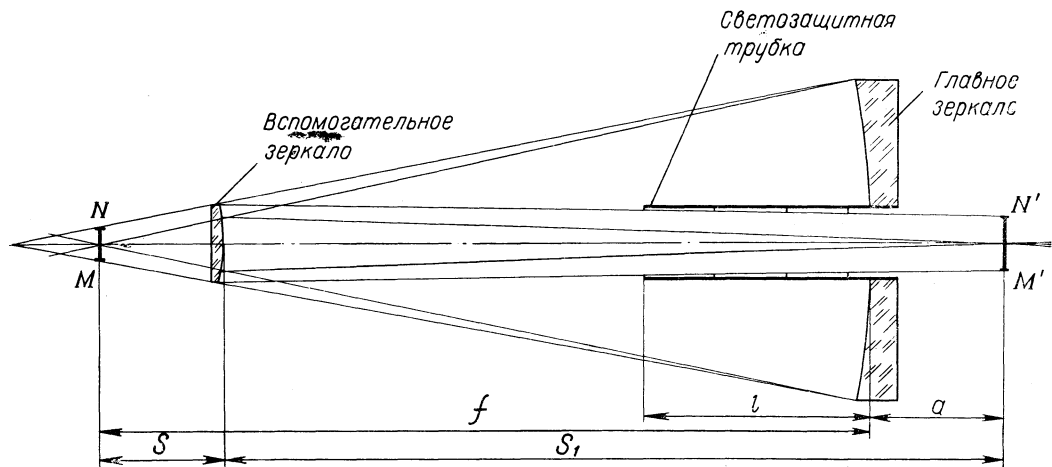
— Я с удовольствием вручаю им эту награду,— продолжал оратор,— за лучшую мистификацию года! Трое землян изумленно переглянулись.

— Неужели их не убедила даже ракета,— растерянно сказала Ола.— Ведь они же никогда ничего подобного не видели.

— Наверное, именно поэтому,— философски заметил Анс,— всегда легче поверить в какой-нибудь невероятный фокус, чем в реальность неизвестного.

Три посланца Земли со сверкающими медалями молча стояли перед возбужденной толпой, которая восторженно приветствовала победителей популярного традиционного всепланетного конкурса на лучшую мистификацию года.

В этот момент они думали о том, что совсем не так просто установить контакт с другой цивилизацией, даже если эта цивилизация похожа на земную как две капли воды.



Оптическая схема Кассегрена. MN и $M'N'$ — соответственно линейные размеры поля зрения в фокальной плоскости главного зеркала и эквивалентной системы

из размера главного зеркала (диаметр D), эквивалентного фокусного расстояния системы (F) и фокусного расстояния главного зеркала (f). Выбор отношения $\frac{F}{D}$ зависит от того, что вы хотите наблюдать. Если вы собираетесь исследовать тонкие детали на дисках планет, это отношение лучше принять равным 20. А если хотите наблюдать туманности, тогда это отношение должно составлять 10–12. Обычно принимают $\frac{F}{D} = 15$. При выборе фокусного расстояния главного зеркала (f) надо учитывать его относительный фокус — величину $\frac{f}{D}$. Чем меньше f , тем короче труба, тем проще может быть установка телескопа. Но в то же время, чем меньше $\frac{f}{D}$, тем сложнее изготовление зеркала. Обычно величина относительного фокуса заключена между 3 и 6.

Итак, нам заданы диаметр главного зеркала D , его фокусное расстояние f и эквивалентное фокусное расстояние системы F . Необходимо вычислить некоторые величины, определяющие конструктивные особенности телескопа системы Кассегрена: расстояние между фокальной плоскостью главного зеркала и вспомогательным зеркалом — s ; расстояние между вспомогательным зеркалом и фокальной плоскостью системы — s_1 ; вынос фокальной плоскости за главное зеркало — a ; радиус кривизны r и диаметр d вспомогательного зеркала; длину светозащитной трубки l .

Введем величины $\beta = \frac{s}{s_1}$; $\alpha = \frac{f}{s}$. По формуле

$$\beta = -\frac{f}{F} \quad (F < 0)$$

находим β , а из системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{s}{s_1} = \beta \\ s + s_1 - a = f \end{cases}$$

можно определить s и s_1 . При этом нужно задать величину a , которая зависит от толщины зеркала и длины кремальеры телескопа. После этого вычислим $\alpha = \frac{f}{s}$. В большинстве случаев α равно 3,5–4.

Теперь нужно узнать радиус кривизны в центре вспомогательного гиперболического зеркала:

$$r = -\frac{R}{\alpha(\beta - 1)},$$

где R — радиус кривизны главного зеркала $R = 2f$. Радиус кривизны в центре вспомогательного зеркала получается отрицательным, так как $\alpha > 0$, $\beta < 1$, $R < 0$. Следовательно, вспомогательное зеркало должно иметь выпуклую форму поверхности.

Осталось определить диаметр вспомогательного зеркала d , диаметр отверстия, которое нужно сделать в главном зеркале, и длину светозащитной трубки l . Если мы хотим использовать поле зрения γ° , то диаметр вспомогательного зеркала нужно взять равным:

$$d = \frac{D}{\alpha} + \frac{\gamma^\circ}{57^\circ,3} f \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right).$$

Диаметр отверстия в главном зеркале выбирают приблизительно равным диаметру вспомогательного зеркала, но при этом необходимо учесть, что

$$d_{\text{отв}} \simeq d \leq \frac{D}{3},$$

иначе дифракционное изображение звезды в нашем телескопе даже на оси системы не будет идеальным. Последнее соотношение накладывает ограничение на величину поля зрения:

$$\gamma^\circ \leq 57^\circ,3 \frac{1}{3F/D}.$$

Чтобы в окуляр или на фотопленку не попадали посторонние лучи, в телескопе системы Кассегрена применяют светозащитную трубку. В трубке необходимо сделать ряд диафрагм, которые препятствовали бы проникновению в окуляр лучей, отраженных от внутренней поверхности самой трубки. Диаметр трубки берут обычно равным диаметру вспомогательного зеркала или немного меньше, а ее длину можно определить из геометрического построения (см. рисунок на стр. 87).

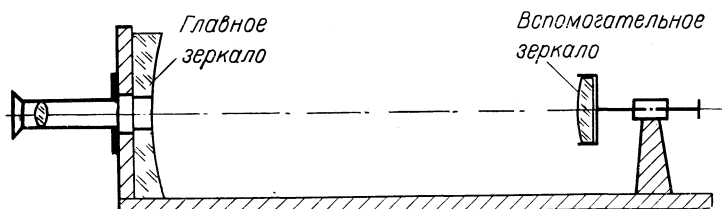
После того как расчет системы Кассегрена закончен, можно приступить к изготовлению главного зеркала телескопа. Практика показывает, что зеркало с отверстием в центре изготавливается почти так же, как и зеркало без отверстия. Когда нужное углубление сделано и зеркало пришлифовано к шлифовальнику (грубым абразивом), на задней и лицевой стороне зеркала просверливаются трубчатым сверлом кольцевые канавки, но не до конца, а так, чтобы оставался небольшой слой стекла (3—5 мм). При этом канавки с лицевой стороны должны быть глубже, чем с обратной. После окончания тонкой шлифовки отверстие в зеркале «дорезается». Что касается полировки, то она ведется обычным способом, только в центре полировальника снимают смолу в виде круга, диаметр которого немного больше диаметра отверстия в зеркале. При изготовлении главного зеркала совсем не обязательно форму его поверхности делать строго параболической, нужно

лишь, чтобы поверхность зеркала была достаточно плавной. Стигматизма на оси, т. е. идеального дифракционного изображения звезды, мы достигнем соответствующей подгонкой вспомогательного зеркала, которая осуществляется в собранной системе, когда главное зеркало уже алюминировано.

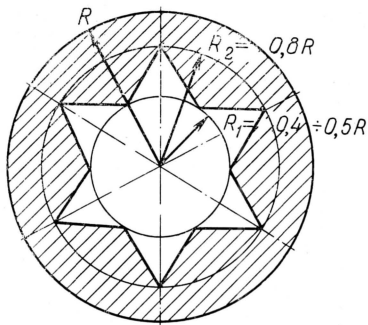
Основной трудностью, с которой сталкиваются любители, строящие телескоп системы Кассегрена, является фигуризация (гиперболизация) вспомогательного зеркала. Дело в том, что проконтролировать выпуклую поверхность в процессе полировки мы не можем без вогнутого зеркала. Поэтому любитель, обладающий самыми скромными возможностями, должен проводить контроль поверхности выпуклого гиперболического зеркала в собранной системе. Рассчитав систему и изготовив главное зеркало телескопа, форма поверхности которого близка к параболоиду, его алюминировывают и приступают к шлифовке и полировке вспомогательного зеркала. После полировки поверхности вспомогательного зеркала оба зеркала монтируются на «чикинской доске». При этом держатель вспомогательного зеркала должен быть устроен так, чтобы мы могли в процессе фигуризации легко снимать вспомогательное зеркало и монтировать его обратно без нарушения юстировки системы.

Для контроля поверхности вспомогательного зеркала надо найти «точный» источник света, расположенный на расстоянии не менее 100 м. В городских условиях сделать это совсем нетрудно. Автору при изготовлении телескопов системы Кассегрена с диаметром главного зеркала 150 и 220 мм таким источником служила лампочка на телевизионной вышке, которая находилась в 2 км от дома.

Выбрав подходящий источник света, мы наводим на него наш телескоп и наблюдаем со слабым окуляром изображение этого источника. При таком методе испытания возникает ряд трудностей. Вследствие того, что неалюминированное вспомогательное зеркало отражает только 5% света, мы практически не сможем применить нож Фуко для исследова-



«Чикинская доска» для испытания вспомогательного зеркала



Полировальник для изготовления вспомогательного зеркала. R — радиус вспомогательного зеркала; заштрихованные участки — смола

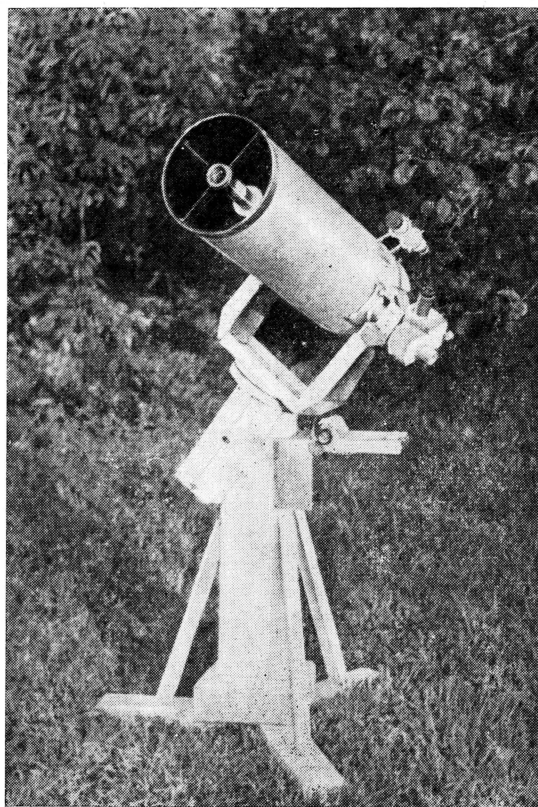
дования выпуклого зеркала, так как изображение источника в большинстве случаев бывает достаточно слабым.

Кроме того, когда мы рассматриваем отдаленный источник, начинает сказываться турбулентность атмосферы (особенно, если мы ведем наблюдение из теплого помещения). Если бы мы стали испытывать вспомогательное зеркало с помощью ножа Фуко, то вместо теневой картины увидели бы картину «бегущих теней», по которой судить о качестве поверхности практически невозможно.

Поэтому, пожалуй, единственным способом проверки поверхности является исследование предфокального и зафокального изображений источника при наблюдении в достаточно сильный окуляр. В идеальном случае предфокальные и зафокальные картины должны быть совершенно одинаковыми. На первый взгляд может показаться, что этот способ значительно менее точен, чем испытание теньвым методом*. Но это не так. Если любитель обладает достаточным опытом, то по виду предфокальной картины он может судить даже о форме поверхности вспомогательного зеркала. Как испытывать зеркало по предфокальной и зафокальной картине, описано в книге М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя» (Физматгиз, М., 1967). Напомним лишь основные идеи метода. Допустим, что мы исследуем в собранной системе Кассегрена предфокальное изображение источника. В идеальном случае (когда оба зеркала составляют идеальную оптическую систему) изображение источника должно представлять собой равномерно освещенное пятно с резким краем. Допустим теперь, что одно из зеркал

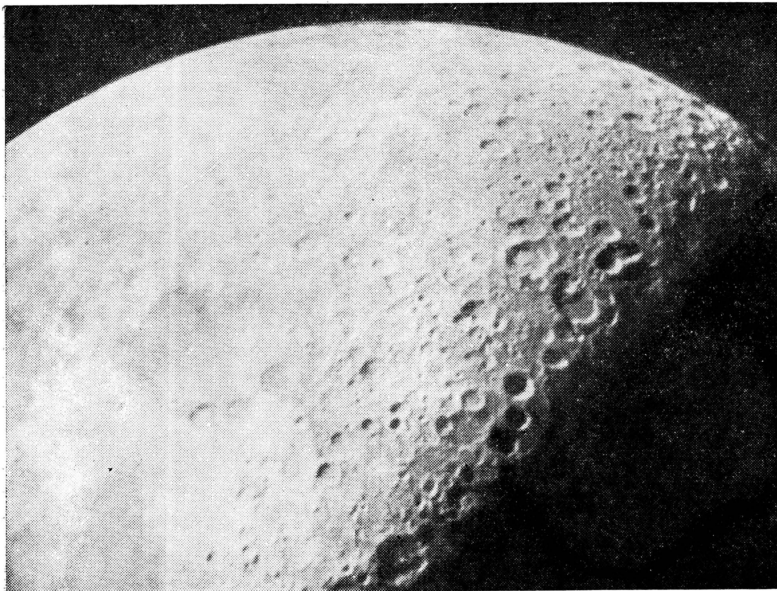
имеет заваленный край и яму в центре. Тогда пятно уже не будет равномерно освещено. Край предфокального пятна будет размыт, а в центре появится яркая точка. Зафокальная картина будет обратной: край более резкий и яркий, а центр — темный.

Как же достичь желаемой формы поверхности выпуклого зеркала? Специальная формовка или подрезка полировальника поможет изменить процесс полировки вспомогательного зеркала в нужную сторону. При изготовлении выпуклого гиперboloида рекомендуем формовку полировальника вспомогательного зеркала, предложенную Д. Стронгом. На разогретую поверхность полировальника накладывается пяти- или шестиугольная звезда, которую можно сделать из картона. Картонную звезду при наложении на разогретую смолу полировальника необходимо



Телескоп системы Кассегрена с диаметром главного зеркала 220 мм, построенный автором статьи

* О теньвом испытании зеркала см. «Земля и Вселенная», № 2, 1967 г., стр. 70.



Фотографии Луны и Сатурна, полученные автором на самодельном 150-миллиметровом телескопе системы Кассегрена

смочить водой. Сверху на звезду кладем наше зеркало и оставляем его в таком положении минут 15. Полировальник готов.

Два телескопа системы Кассегрена (диаметр главного зеркала 150 и 220 мм), которые построил автор, полностью оправдали себя на практике. При хороших атмосферных условиях 150-миллиметровый рефlector разрешает двойные звезды с расстоянием между компонентами $0''{,}9$, что довольно близ-

ко к теоретическому значению разрешения для инструмента с таким диаметром главного зеркала.

С. Д. ЧУВАХИН

ЧТО ЧИТАТЬ ПО ТЕМЕ СТАТЬИ:

1. Д. Д. Максудов. *Астрономическая оптика*. Гостехиздат, 1946.
2. Д. Д. Максудов. *Изготовление и исследование астрономической оптики*. Гостехиздат, 1948.
3. Д. Стронг. *Техника физического эксперимента*. Лениздат, 1948.

КАРТА ВИДИМЫХ ПУТЕЙ ПЛАНЕТ В ИЮЛЕ — АВГУСТЕ 1970 года

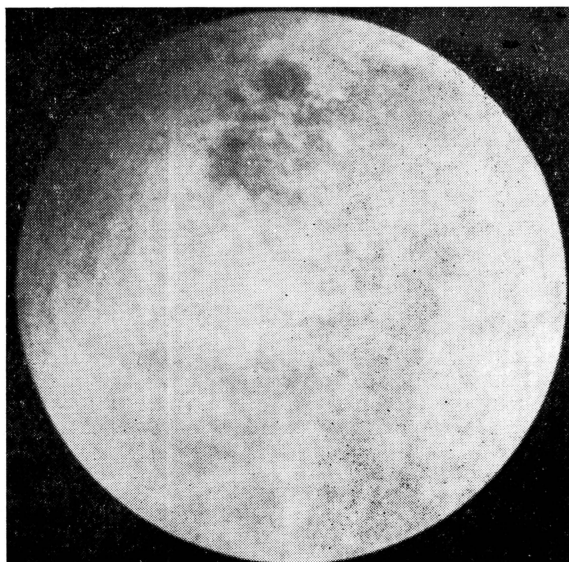
Карта (стр. 91) охватывает две зоны зодиакального пояса звездного неба: зимнего (прямые восхождения от 0^h до 12^h , склонения от $+35^\circ$ до -10°) и летнего (прямые восхождения от 12^h до 24^h , склонения от $+10^\circ$ до -35°). Звезды нанесены до 4,75 звездной величины.

Видимые пути планет (кроме Плутона) и Солнца изображены линиями или штрихами и отмечены значками. Римские цифры (VII, VIII, IX) соответствуют положению светил на первые числа июля, августа и сентября.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ



ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ



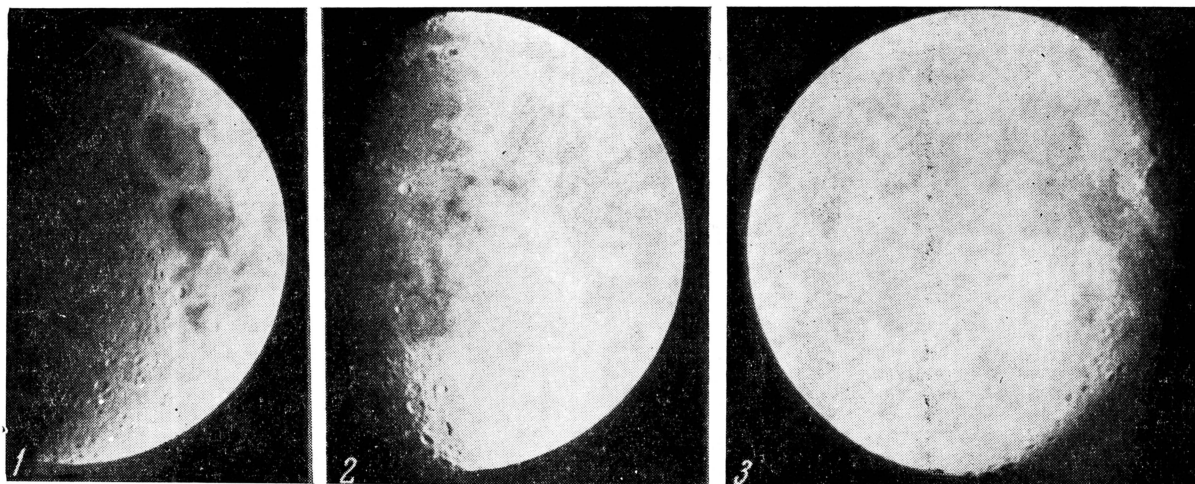
Дорогая редакция!

Посылаю Вам фотографии Луны в различных фазах. Фотообъектив МТО-1000, с которым получены эти фотографии, я использую и для прямых наблюдений. Присоединив окуляры от биноклей, я превратил его в очень удобный телескоп. В него хорошо видны многие туманности, звездные скопления, двойные звезды, кольца Сатурна и его спутники Титан и Япет, явления в системе спутников Юпитера и многое другое.

При фокусном расстоянии, равном 1 м, телескоп имеет длину всего 30 см. Поэтому установить его не так уж сложно.

ВЛАДИМИР СЛИПЧЕНКО
студент-биолог (Киев)

Затмение Луны 25 сентября 1969 г. (чувствительность пленки 250 ед. ГОСТа, выдержка 1/250 секунды)

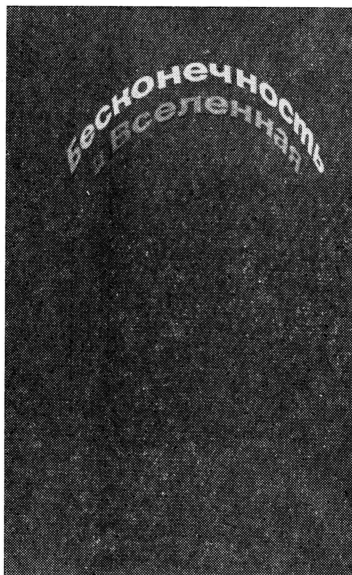


Луна в различных фазах. Первый снимок сделан 3 мая 1968 г. (чувствительность пленки 65 ед. ГОСТа, выдержка 1/25 секунды); второй — 6 мая 1968 г. (чувствительность пленки 65 ед. ГОСТа, выдержка 1/50 секунды); третий — в ночь с 27 на 28 сентября 1969 г. (чувствительность пленки 250 ед. ГОСТа, выдержка 1/100 секунды)

«Бесконечность и Вселенная»

«Бесконечна ли Вселенная?» — с подобным вопросом очень часто обращаются к преподавателям астрономии и лекторам. К сожалению, учащиеся и слушатели лекций редко остаются удовлетворенными полученным ответом. Но в этом трудно обвинить лекторов, поскольку проблема бесконечности Вселенной — одна из «вечных» и вместе с тем самых «модных» проблем, которая когда-то волновала мыслителей древности, а сегодня, став еще актуальнее, чем в прошлом, является объектом острых споров и естествоиспытателей, и философов.

Для современного состояния дискуссии характерно стремление уточнить смысл понятий, которые фигурируют в споре. Это необходимо, поскольку, например, утверждение «космология доказывает, что Вселенная бесконечна (конечна)» трактуется по-разному, в зависимости от смысла, вкладываемого в понятия «космология», «Вселенная», «бесконечность», «доказательство»... Анализ этих понятий с позиций диалектического материализма был посвящен симпозиуму, проводившийся в нашей стране в 1965 г. (см. «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.), а четыре года спустя (в 1969 г.) издательство «Мысль» выпустило книгу «Бесконечность и Вселенная», в основу которой положены переработанные и дополненные тексты докладов и выступлений участников симпозиума.



Пожалуй, без преувеличения можно сказать, что в этом сборнике достаточно полно и глубоко рассмотрены все основные аспекты проблемы бесконечности Вселенной. Благодаря этому книга представляет значительный интерес и для специалистов, и для более широкого круга читателей (преподавателей и популяризаторов астрономии).

Вероятно, далеко не все 18 статей, включенных в сборник, будут одинаково полезны многим читателям. Отдельные статьи рассчитаны на математиков и астрономов, а из некоторых (в силу особенностей содержания и стиля) просто трудно извлечь какую-либо полезную информа-

цию (для практики преподавания и популяризации астрономии).

С нашей точки зрения, центральное место в книге занимают статьи «Понятие бесконечности в математике и космологии» (Г. И. Наан) и «Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной» (А. Л. Зельманов). Обе работы отличаются богатой насыщенностью идеями и ясностью изложения. Интересна (хотя и во многом спорна) статья Э. Кольмана («О конечности и бесконечности Вселенной»). Очень полезная четкая систематизация основных представлений о бесконечности Вселенной содержится в статьях Л. Б. Баженова и Н. Н. Нупубидзе («К дискуссиям о проблеме бесконечности Вселенной»), В. В. Казютинского («О бесконечности материального мира и бесконечности Вселенной») и в статье А. С. Кармина («О философских и космологических аспектах проблемы неисчерпаемости Вселенной»).

Прежде всего отметим, что в большинстве из перечисленных работ подвергнута критике «наивно-традиционная» тенденция в обсуждении проблемы бесконечности Вселенной. Напомним, что, согласно этой «ортодоксальной» точке зрения, бесконечность пространства отождествляется с его неограниченностью («отсутствие конца в любую сторону»), а бесконечность времени — с неограниченной длительностью. Са-

мо понятие «бесконечность» специально не анализируется, а предполагается интуитивно ясным. Вселенная, под которой подразумевается «окружающий нас мир», фактически постулируется бесконечной в пространстве и времени. Иной она и не может быть, поскольку конечная — ограничена, а за пределами ее границ остается «свободное место» для чего-то нематериального (духа, бога). Такая «стыковка» с материализмом объявляется единственно безупречной, а естествознанию (астрономии, физике, космологии) дается лишь право «подтверждать» данную философскую концепцию, как якобы жестко связанную с диалектическим материализмом...

Нужно ли сейчас критиковать точку зрения, в название которой входит слово «наивная»? Вероятно, правы те, кто дает положительный ответ на такой вопрос. Хотя в научных спорах все реже слышатся голоса защитников этой явно устаревшей точки зрения, в учебной и научно-популярной литературе, а также в лекционной пропаганде старые представления оказываются более устойчивыми (возможно, в силу их большей «наглядности», «простоты» и соответствия «здравому смыслу»). «Наивно-традиционная» концепция легко уязвима для критики. В ней, во-первых, недопустимо (с точки зрения неевклидовой геометрии) отождествляются «бесконечность» и «безграничность». Во-вторых, произвольно (с философской точки зрения) отождествляются «бесконечность» и «всеобщность» пространства. Между тем именно со всеобщностью пространства, согласно которой «материя не может существовать вне пространства», связан диалектический материализм. В упомянутой статье Л. Б. Баженова и Н. Н. Нупубидзе отмечается, что идеализм и теология могут признавать (и даже защищать!) бесконечность простран-

ства, но они не могут согласиться с тем, что вне пространства ничего не существует.

Своеобразным протестом против «наивно-традиционной» концепции явились разновидности «нетрадиционных» идей, принадлежащие ряду советских физиков, астрономов и философов. Так, Э. Кольман решительно выступает против «инерции мышления» («страшной силы привычки»), против подмены исследований в области естественных наук умозрительными рассуждениями, против упрощенного и, по существу, неверного представления о том, что «будто в истории философии идеалисты всегда выступали за конечность, а материалисты — за бесконечность мира», против критики релятивистской космологии, против утверждения, что проблема бесконечности давно решена философией. Известная непоследовательность и даже противоречивость, в какой-то мере присущие работе Э. Кольмана, объясняются, во-первых, тем, что он не пытается анализировать само понятие «бесконечность», полагая его доподлинно известным, и, во-вторых, как отметил В. В. Казютинский, термину «Вселенная» (точнее, «Вселенная как целое») Э. Кольман придает взаимоисключающие значения («Вселенная как совокупность материального бытия» и «Вселенная — определенная физическая система»).

В отличие от Э. Кольмана, представители «последовательно-нетрадиционной» точки зрения (прежде всего, Г. И. Наан) рассматривают само понятие «бесконечность» как непрерывно развивающееся, требующее пересмотра в связи с новыми фундаментальными открытиями в математике и естествознании. Такой анализ необходим, ибо, как подчеркивает Г. И. Наан, «наша картина мира, все наше мировоззрение существенным образом зависит от уровня нашего понимания бесконечности».

Статья Г. И. Наана ведет чита-

теля в поистине бесконечный мир бесконечностей. Привычная (но от этого не ставшая сколько-нибудь понятной!) «бесконечность вообще» чудесным образом трансформируется в сознании читателя. К этому бережно подготавливают читателя и слова из эпиграфа к статье («ни с чем другое понятие не нуждается так сильно в разъяснении, как бесконечность», — Д. Гильберт), и вводные параграфы. А далее шаг за шагом читатель поднимается по ступеням абстракции, оставляя где-то внизу логически простейшие и исторически первые представления о бесконечности («физическая или фактическая бесконечность», «бесконечность как безграничность») и устремляясь к «столпам» современной математики («топологическая бесконечность», «теоретико-множественная бесконечность»). И чем выше удается подняться по этой крутой лестнице, тем более ощутимой становится недостаточность прежних представлений. В частности, определяется место, занимаемое «метрической бесконечностью». Метрические свойства пространства, включающие его кривизну (как известно, положительной кривизне соответствует конечное пространство, отрицательной и нулевой — бесконечное), остаются на первых ступенях абстракции. Но ведь именно вопрос о метрической конечности и бесконечности метагалактического пространства можно, в принципе, решить на основе данных астрономических наблюдений. Оказывается, «мы вовсе не можем быть уверены в том, что космическое пространство действительно является таким «хорошим», что метрическая характеристика бесконечности достаточна». А это означает, что космологии еще могут пригодиться те кажущиеся нам сейчас чрезвычайно абстрактными типы бесконечности, которые имеются в арсенале математики. Впрочем, космологию, по-видимому, ожидает не только это.

Согласно А. Л. Зельманову, «космология есть физическое учение о Вселенной как целом, включающее в себя теорию всего охваченного астрономическими наблюдениями мира как части Вселенной». Космология тесно связана с теоретической физикой, астрономией и философией (и, конечно, с математикой). В статье А. Л. Зельманова в сжатой форме дается характеристика основных физических теорий, содержание которых составляют законы природы и важнейшие представления о пространстве, времени и движении. Физико-теоретические данные образуют фундамент космологии. Но этот фундамент в настоящее время нельзя считать завершенным, поскольку делаются попытки создания физической теории более общей, чем существующие. В разработке такой теории весьма заинтересована космология, изучающая Вселенную, в которой, по-видимому, «осуществляется все многообразие физических условий и явлений, допускаемых основными физическими теориями».

Отмечая важную роль философских принципов в космологии, А. Л. Зельманов подчеркивает, что «диалектический материализм был и остается единственной системой философских взглядов, которой свойственны одновременно логическая последовательность внутри философской теории и гармония между

нею и всей человеческой практикой».

Сторонники «последовательно-нетрадиционной» точки зрения рассматривают бесконечность Вселенной как один из аспектов проблемы бесконечного многообразия материального мира, проблемы его неисчерпаемости. Они не декларируют «окончательное» решение проблемы бесконечности Вселенной. Это объясняется и многообразием типов бесконечностей, по отношению к которым должны рассматриваться «разные физические Вселенные» (например, «Вселенная Фридмана» — Метагалактика), и продолжающимся совершенствованием физических теорий, более глубоко вскрывающих пространственно-временные свойства Метагалактики. С таких позиций выводы современной космологии выглядят, конечно, менее «эффектно» по сравнению с чеканными «ортодоксальными» формулировками. Но что поделаешь, если согласно А. Л. Зельманову, «привычное противопоставление конечности и бесконечности в пространстве, конечности и бесконечности во времени как взаимоисключающих возможностей и, вообще, привычная нам постановка вопросов о конечности и бесконечности в пространстве и во времени едва ли могут считаться безусловно правильными во всех случаях?»

Не следует, однако, думать,

что проблема бесконечности Вселенной выглядит в рецензируемой книге настолько сложной, что к ней, как говорят, и не подступиться. В книге проводится четкое различие между бесконечностью материального мира как его неисчерпаемостью (предмет совместного рассмотрения философии, математики и естествознания) и проблемой пространственной и временной бесконечности Вселенной (предмет космологии). В книге подчеркивается, что решение этой последней проблемы затруднено недостатком и противоречивостью эмпирических данных. Смешение двух указанных проблем часто приводило к серьезным недоразумениям.

Проблема бесконечности Вселенной имеет большое мировоззренческое значение. Книга «Бесконечность и Вселенная», принципиально анализирующая современное состояние этой проблемы и рельефно показывающая роль марксистско-ленинской философии как методологии конкретного научного познания, поможет избежать часто повторяемых ошибок и тем самым внесет существенный вклад в огромное по своей важности дело формирования диалектико-материалистического мировоззрения.

Е. П. ЛЕВИТАН
кандидат педагогических наук

НОВЫЕ КНИГИ

«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Книга с таким названием вышла в 1969 г. в издательстве «Машиностроение». Ее автор — кандидат физико-математических наук М. Г. Крошкин. Первая часть книги посвящена физическим характеристикам околоземного и межпланетного пространства, условиям на ближайших небесных телах. Здесь читатель

найдет обзор основных сведений об излучении Солнца, об атмосфере, магнитосфере и радиационных поясах Земли, о метеорных телах и природе Луны, Венеры и Марса. Основное внимание уделяется экспериментальным данным, полученным в результате космических исследований.

Во второй части книги рассматриваются специфические воздействия космоса на материалы, оборудование и системы космических аппаратов: влияние вакуума и различных излучений на материа-

лы (в том числе полупроводниковые), влияние метеорных частиц на космические аппараты. Эти воздействия и обуславливают основные проблемы, которые приходится решать при разработке космических аппаратов для исследования космоса.

Книга рассчитана преимущественно на инженеров, работающих в области техники, но в значительной своей части она, безусловно, может быть полезна преподавателям и студентам высших учебных заведений.

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

Редакция нашего журнала получила письмо читателя **И. Емшанова** из поселка Уни Кировской области с просьбой рассказать о циклической деятельности Солнца. Ответить на это письмо мы попросили кандидата физико-математических наук **М. А. Лившица**.

Современные инструменты и методы исследования позволяют нам наблюдать за явлениями, происходящими на различных уровнях (или высотах) солнечной атмосферы. Довольно часто в ограниченных по площади областях сильно изменяется яркость, возрастает магнитное поле, возникают характерные структурные образования — пятна, факелы и т. д. Эти изменения проявляются обычно на всех уровнях атмосферы Солнца, лишь в различной степени возмущая их в данном месте поверхности. Но иногда активность захватывает почти весь солнечный диск, например, в 1957—1958 годы максимума солнечной активности. Но случается, что на Солнце не удается обнаружить никаких признаков активности, как было в отдельные недели 1965—1966 гг.

Солнечная активность характеризуется не только изменением

числа пятен или даже числа активных областей. Солнечный цикл — это периодический процесс появления и развития на Солнце активных областей, который затрагивает весь диск и может быть прослежен по изменению любых образований, составляющих активную область. Наиболее наглядно циклическая деятельность Солнца проявляется в изменении числа солнечных пятен с периодом около 11,2 года. Меняется и число групп пятен, и общее количество пятен на диске, и суммарные площади пятен, и интенсивность радиоизлучения Солнца, и т. д.

В начале каждого цикла пятна возникают довольно далеко от солнечного экватора, на широтах около 30° . В течение цикла зона пятен спускается к экватору до 15° в максимуме и до 8° в минимуме цикла. Далее на широтах около 30° образуются пятна нового цикла.

Обычно пятна в группах концентрируются вокруг двух пятен — ведущего (западного) и замыкающего (восточного). Чаще всего магнитные поля ведущего и замыкающего пятен обладают различной полярностью (N и S), причем структура активной области над ними показывает, что силовые линии поля как бы выходят из одного пятна и входят в дру-

гое. В течение одного цикла все ведущие пятна в северном полушарии Солнца имеют одну полярность, а в южном — другую. В следующем цикле полярность меняется на обратную. Остатки замыкающих частей активных областей вместе с долгоживущими протуберанцами дрейфуют к полюсам Солнца. Они нейтрализуют имеющееся там слабое поле и наводят поле нового знака. Таким образом, Солнце — магнито-переменная звезда с периодом примерно 22 года. И поэтому естественно говорить о 22-летнем цикле солнечной активности.

Кроме 11-летнего цикла надежно установлено существование еще одного более длительного периода (около 80 лет). Этот 80-летний или вековой цикл сказывается главным образом на относительной величине максимумов 11-летних циклов. Максимумы этого длинного цикла были, вероятно, в 1639, 1749, 1778, 1860 и 1957 гг. Именно совпадением в 1957—1958 гг. максимумов 11-летнего и векового циклов объясняется необычайная мощность явлений, наблюдавшихся на Солнце в этот период.

С солнечной деятельностью можно подробнее ознакомиться, прочитав брошюру Ю. И. Витинского «Солнечная активность» («Наука», 1969 г.).

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук **Д. Я. МАРТЫНОВ**
Ответственный секретарь кандидат пед. наук **Е. П. ЛЕВИТАН**
Кандидат физ.-мат. наук **В. А. БРОНШТЭН**, доктор техн. наук
А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук **И. К. КОВАЛЬ**, кандидат
физ.-мат. наук **М. Г. КРОШКИН**, доктор физ.-мат. наук **Р. В. КУ-**
НИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук **Б. Ю. ЛЕВИН**, кандидат физ.-мат.
наук **Г. А. ЛЕЙКИН**, академик **А. А. МИХАЙЛОВ**, кандидат физ.-мат.
наук **И. Д. НОВИКОВ**, доктор физ.-мат. наук **К. Ф. ОГОРОДНИКОВ**,
доктор геол.-мин. наук **Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ**, доктор физ.-мат.
наук **В. В. РАДЗИЕВСКИЙ**, доктор физ.-мат. наук **Ю. А. РЯБОВ**, док-
тор техн. наук **К. П. ФЕОКТИСТОВ**, академик **В. Г. ФЕСЕНКОВ**.

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная»
обязательна

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Научно-популярный журнал
«Земля и Вселенная»

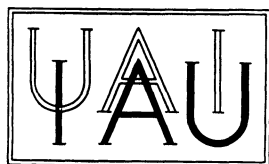
Адрес редакции: Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1
Тел. 135-64-81
135-63-08



Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: **И. П. Громова**,
Г. Н. Нелидова

Т-07935 Подписано в печать 14/V 1970 г.
Сдано в набор 28/II 1970 г.
Формат бум. $84 \times 108^{1/16}$
Печ. л. 6,0 (10,08). Уч.-изд. л. 10,1
Тираж 44.000 экз. Цена 30 коп. Заказ 214



XIV Генеральная ассамблея МАС

Очередной съезд Международного астрономического союза (МАС) созывается в Англии (Брайтон, 18—27 августа 1970 г.).

В обширную научную программу съезда включены:
традиционные «речи по приглашению» (Invited Discourses) Э. Хьюиш и В. Л. Гинзбург «Пульсары», Б. Бок и С. Лин «Спиральная структура Галактики»;

объединенные дискуссии (Joint Discussions), посвященные различным проблемам (происхождение Земли и планет; гелий во Вселенной; межзвездные молекулы; пульсары и космические лучи; новые методы определения расстояний до звезд и др.);

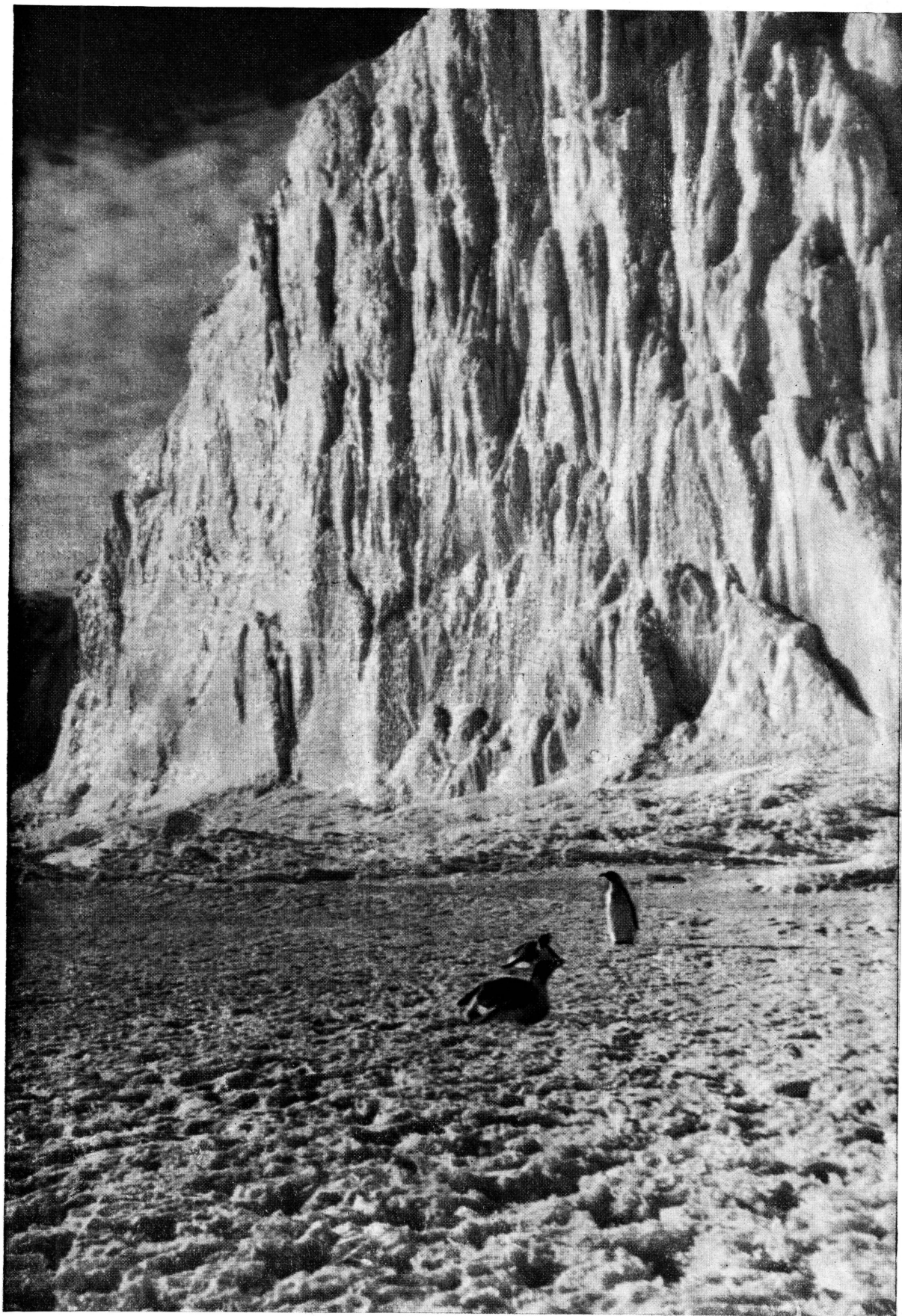
симпозиумы («Новые методы внеатмосферной астрономии», «Белые карлики», «Солнечные магнитные поля», «Галактики и квазары», «Движение, эволюция орбит и происхождение комет», «Кротовидная туманность»);

коллоквиумы («Методы определения фундаментальных спектроскопических постоянных», «Международная система астрономических постоянных», «Проблема n -тел в небесной механике», «Автоматизация в оптической астрофизике»).

В следующих номерах «Земли и Вселенной» будут опубликованы статьи, которые подробно познакомят наших читателей с наиболее интересными проблемами, обсуждавшимися на съезде МАС.

Индекс
70336

Цена
30 коп.



Издательство



«Наука»